

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:
ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ- ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Ph.D.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ ΚΟΥΝΗ ΣΩΤΗΡΙΟΥ

ΜΕ ΘΕΜΑ: Επίδραση διαφορετικού χρόνου σποράς σε
καλλιέργεια σόργου αρδευόμενο με επιφανειακή άρδευση



ΒΟΛΟΣ 2011



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.:	9479/1
Ημερ. Εισ.:	01-04-2011
Δωρεά:	Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός:	ΠΤ – ΦΠΑΠ
	2011
	ΚΟΥ


ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγει το εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το θέμα της πτυχιακής μου δόθηκε από την καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και Πρόεδρο του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κυρία Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη στα πλαίσια των προπτυχιακών σπουδών της Σχολής.

Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κυρία Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη για την οργάνωση και παρακολούθηση της διατριβής μου σε ολόκληρη την πορεία της, καθώς επίσης και για την πολύτιμη και ουσιαστική συμβολή της στην επίλυση των θεωρητικών και πειραματικών προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά καιρούς. Επίσης την ευχαριστώ για την ηθική της υποστήριξη και την κριτική που άσκησε πριν την ολοκλήρωση της τελικής μορφής του κειμένου της διατριβής μου.

Τον Αναπληρωτή Καθηγητή κύριο Ιμπραημ – Αβρααμ Χα, ευχαριστώ θερμά για το χρόνο που αφιέρωσε στα διάφορα στάδια της διατριβής μου, για τις σημαντικές του υποδείξεις και την εποικοδομητική κριτική που άσκησε καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Τον  Καθηγητή κύριο Γεώργιο Νάνο, ευχαριστώ για τις ουσιαστικές του υποδείξεις και τις χρήσιμες συμβουλές που μου παρείχε πολύτιμη βοήθεια, στα διάφορα στάδια της διατριβής

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον κ. κ. Παπανίκο Νικόλαο, Μέλος Ε.Ε.Δ.Ι.Π. στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, του οποίου η συμβολή να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο ήταν καθοριστική και η βοήθεια του σημαντική σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

Τον υπεύθυνο Γεωπόνου του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Σουίπα Σπύρο για την άψογη συνεργασία του και όλους του εργαζομένους του αγροκτήματος.

Ευχαριστώ επίσης τον γεωπόνου και υποψήφιο διδάκτορα της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κ. Δημήτριο Παπαλέξη για την άριστη συνεργασία και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια του πειραματικού σταδίου και της συγγραφής της πτυχιακής διατριβής.

Τον μεταπτυχιακό Δαλακούρα Αθανάσιο και τον φοιτητή Παπαπάυλου Αθανάσιο για τη σημαντική τους βοήθεια στην εγκατάσταση του πειράματος και για τη συμμετοχή τους στην συγκέντρωση μερικών εκ των βασικών στοιχείων της έρευνας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διερευνήθηκε η ανάπτυξη και η παραγωγή του Γλυκού Σόργου ως ενεργειακού φυτού (*Sorghum bicolor* L.), υπό την επίδραση διαφορετικών δόσεων άρδευσης με επιφανειακή στάγδην άρδευση και υπόγεια στάγδην άρδευση. Για τους σκοπούς αυτούς έγινε πείραμα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας το έτος 2006, με 3 μεταχειρίσεις και 4 επαναλήψεις, συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα (χωρίς άρδευση). Η ποσότητα του εφαρμοζόμενου νερού καθορίστηκε με τη βοήθεια εξατμισιμέτρου τύπου Α και με την αυτόματη ενεργοποίηση προγράμματος άρδευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν σαφή υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των υπολοίπων, με μεγαλύτερους ρυθμούς ανάπτυξης και σημαντικά μεγαλύτερη τελική απόδοση σε χλωρή και ξηρή βιομάζα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.	
1.1. Γενικά.....	6
1.2. Σκοπός του Έργου	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΣΟΡΓΟ.....	8
2.1. Γενικά για τα Ενεργειακά Φυτά.....	8
2.1.1. Πλεονεκτήματα χρήσης ενεργειακών φυτών.....	8
2.2. Γενικά στοιχεία για το Σόργο.....	9
2.2.1. Βοτανικά γνωρίσματα- ταξινόμηση- χαρακτηριστικά Σόργου.....	10
2.2.2. Οικολογικές απαιτήσεις.....	11
2.2.3. Καλλιεργητικές τεχνικές.....	12
2.2.4. Θρεπτική αξία – Προϊόντα	14
2.2.5. Είδη σόργου που χρησιμοποιούνται ως ενεργειακή καλλιέργεια.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΡΔΕΥΣΗ.....	18
3.1. Γενικά.....	18
3.2. Επιφανειακή στάγδην άρδευση.....	18
3.2.1. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Επιφανειακής στάγδην	
Άρδευσης.....	21
3.3. Υπόγεια στάγδην άρδευση.....	22
3.3.1. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Υπόγειας στάγδην άρδευσης.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΛΙΚΑ – ΜΕΘΟΔΟΙ.....	24
4.1. Γενικά – Οριοθέτηση – Σχέδιο – Μεταχειρίσεις.....	24
4.2. Εδαφολογικά χαρακτηριστικά.....	26
4.3. Υλικά Άρδευσης.....	26
4.4. Υπολογισμοί δόσεων άρδευσης και χρόνου άρδευσης και ποσότητας	
ζιζανιοκτόνου που εφαρμόστηκε στην	
άρδευση.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	33
5.1. Κλιματικά Δεδομένα.....	33
5.1.1. Συζήτηση.....	34
5.2. Φυλλική επιφάνεια.....	37
5.2.1. Αποτελέσματα.....	37
5.2.2. Συζήτηση.....	38
5.3. Ύψος Φυτών.....	39
5.3.1. Αποτελέσματα.....	39
6.3.2. Συζήτηση.....	40
5.4. Χλωρή βιομάζα Γλυκού Σόργου.....	41
5.4.1. Αποτελέσματα.....	41
5.4.2. Συζήτηση.....	43
5.5. Ξηρή βιομάζα Γλυκού Σόργου.....	44

5.5.1. Αποτελέσματα.....	44
5.5.2. Συζήτηση.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	47
6.1. Ύψος φυτών.....	47
6.2. Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.).....	47
6.3. Χλωρή Βιομάζα Γλυκού Σόργου.....	47
6.4. Ξηρή Βιομάζα Γλυκού Σόργου.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	55
8.1. Ελληνική Βιβλιογραφία.....	56
8.2. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Τα τελευταία χρόνια η Επιστήμη έχει στραφεί στην αναζήτηση νέων εναλλακτικών πηγών ενέργειας καθώς και τη χρησιμοποίηση νέων μεθόδων, οι οποίες έχουν ως βασικό τους στόχο, την προστασία του Περιβάλλοντος αλλά και την Αειφόρο ανάπτυξη.

Μια από τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι και η βιομάζα. Με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα πάσης φύσεως φυτικά υπολείμματα και ζωικά απόβλητα καθώς και τις ενεργειακές καλλιέργειες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι καλλιέργειες του Γλυκού Σόργου (*Sorghum bicolor* L.), της Ελαιοκράμβης (*Brassica napus* L.), του Ηλίανθου (*Helianthus annuus* L.) για παραγωγή biodiesel κ.α..

Γίνεται κατανοητό, ότι με τον όρο ενεργειακή καλλιέργεια αναφερόμαστε στα φυτικά εκείνα είδη, τα οποία μετά από κατάλληλη επεξεργασία της βιομάζας τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή θερμότητας, βιοαιθανόλης, βιοντίζελ, ηλεκτρικής ενέργειας κ.τ.λ. Οι *Johansson et al.* (1993) υπολόγισαν ότι το 2020 με την βιομάζα θα είναι δυνατό να καλύπτεται το 38% των Παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών, οι οποίες σήμερα καλύπτονται με τα συμβατικά καύσιμα και το 17% των Παγκόσμιων απαιτήσεων σε ηλεκτρική ενέργεια, ήτοι 206EJ.

Επίσης εδώ και 30 χρόνια, έχει αρχίσει η εφαρμογή μεθόδων άρδευσης, οι οποίες είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον και αποσκοπούν στη μείωση των εισροών και των απωλειών λόγω εξάτμισης. Τέτοιες μέθοδοι είναι η επιφανειακή και η υπόγεια στάγδην άρδευση. Με τις παραπάνω μεθόδους και ειδικότερα με την υπόγεια στάγδην άρδευση επιτυγχάνεται ταυτόχρονα ικανοποίηση των υδατικών αναγκών της καλλιέργειας αλλά και εξοικονόμηση νερού. Ως εκ τούτου τα οφέλη που

προκύπτουν είναι ιδιαίτερος σημαντικά αν αναλογιστεί κανείς και το πρόβλημα της λειψυδρίας, το οποίο γίνεται εντονότερο στην εποχή μας

1.2. Σκοπός του Έργου

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι η σύγκριση της Υπόγεια Στάγδην Αρδευση και της Επιφανειακή Στάγδην Αρδευση στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα της καλλιέργεια του Γλυκού Σόργου (*Sorghum bicolor L.*), στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης και της χρησιμοποίησης νέων τεχνολογιών. Το πείραμα διεξήχθη το καλοκαίρι του 2006 στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

ΣΟΡΓΟ

2.1. Γενικά για τα Ενεργειακά Φυτά

Η εξάρτηση της ανθρωπότητας από ορυκτά καύσιμα, τα οποία σταδιακά εξαντλούνται και δημιουργούν προβλήματα στο περιβάλλον, και οι ρύποι που εκπέμπονται από την καύση αυτών οδήγησαν στην χρήση νέων φιλικότερων μορφών ενέργειας. Οι παραπάνω πηγές ενέργειας ονομάζονται ανανεώσιμες και σε αυτές συμπεριλαμβάνονται ο ήλιος, ο αέρας, η βιομάζα κ.α.. Λόγω της σημερινής ενεργειακής κρίσης, η βιομάζα παίζει όλο και πιο σημαντικό ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κόσμου, καθώς είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας, πριν εξαντληθούν τα εθνικά και διεθνή αποθέματα των ορυκτών καυσίμων [30]. Όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο στην βιομάζα περιλαμβάνεται και οι ενεργειακές καλλιέργειες.

2.1.1. Πλεονεκτήματα χρήσης ενεργειακών φυτών

Η χρήση των ενεργειακών φυτών προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα. Πρώτα απ' όλα μειώνονται οι καθαρές εκπομπές σε αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης οι ενεργειακές καλλιέργειες αξιοποιούν περισσότερο CO₂ του αέρα σε σχέση με τις άλλες καλλιέργειες καθώς αποτελούν δεξαμενές άνθρακα.

Επιπλέον οι εκπομπές της καύσης της βιομάζας περιέχουν σχεδόν μηδαμινή ποσότητα SO_x σε σχέση με τα άλλα καύσιμα, αλλά περιέχουν αρκετά υπολογίσιμες ποσότητες NO_x. Επίσης μειώνεται η μόλυνση των υπόγειων νερών αφού τα φυτά έχουν την δυνατότητα να αναπτύσσονται χωρίς πολλές απαιτήσεις σε εισροές (λιπάσματα, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα) σε σχέση με τις αροτραίες καλλιέργειες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ορισμένες από τις κυριότερες ενεργειακές καλλιέργειες.

Ετήσιες ενεργειακές καλλιέργειες	Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες
Γλυκό σόργο (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)	Γιγαντιαίο καλάμι (<i>Arundo donax</i> L.)
Ινώδες σόργο (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)	Αγκινάρα (<i>Cyrana cardunculus</i>)
Ελαιοκράμβη (<i>Brassica napus</i> L.)	Ευκάλυπτος (<i>Eucalyptus globules</i>)
Ηλίανθος (<i>Helianthus annuus</i> L.)	Μίσχανθος (<i>Miscanthus sinensis X giganteus</i>)
Κενάφι (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.)	Switchgrass (<i>Panicum vigratum</i> L.)
Αβησσινιακή μουστάρδα (<i>Brassica carinata</i>)	Ψευδοακακία (<i>Robinia Pesudoacacia</i>)

Πίνακας 2.1. Κυριότερες ενεργειακές καλλιέργειες

2.2. Γενικά στοιχεία για το Σόργο

Το σόργο προέρχεται πιθανόν από την Αφρική (Αιθιοπία 5.000-7000 π.χ.) και για πολλές χιλιετίδες η καλλιέργεια του ήταν περιορισμένη στην Αφρική και στην Ασία. Σήμερα καλλιεργείται στην Αμερική και σε περιορισμένες εκτάσεις στην Ευρώπη.

Την δεκαετία του 50' εμφανίζονται πέντε ποικιλίες Σόργου:

- το Grain Sorghum, με νάνες ποικιλίες (2-5ft)
- το Σόργο χορτονομής με περισσότερη ξηρά ουσία (6-12ft)
- το Sudan-grass, ως θερινή λιβαδική καλλιέργεια
- τα υβρίδια Σόργου - Sudan-grass, με ενδιάμεση χρήση (λιβαδική – χορτονομής)
- το Σόργο – Alnum ή νέγρο Σόργο

Σήμερα η έκταση που καλλιεργείται με Σόργο το κατατάσσει στην 5^η θέση μεταξύ των οκτώ πλέον διαδεδομένων δημητριακών σε ποσοστό 7% επι του συνόλου.

2.2.1. Βοτανικά γνωρίσματα- ταξινόμηση- χαρακτηριστικά Σόργου

Το σόργο ανήκει στην οικογένεια των αγρωστωδών (Poaceae ή Graminae). Είναι ετήσια καλλιέργεια μικρής φωτοπεριόδου, με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα (Mastorilli, et al., 1995). Ανήκει στην κατηγορία των C₄ φυτών, δηλαδή μεταξύ αυτών που διαθέτουν δικαρβοξυλικές φωτοσυνθετικές ιδιότητες. Για τον λόγο αυτό άλλωστε ευδοκιμεί σε περιβάλλοντα αλατούχα έως ελαφρώς νατριομένα, καθώς το Νάτριο προάγει την δραστηριότητα της καρβοξυλικής φωσφορό-ενουλό-πυρουβίνης το κύριο ένζυμο της C₄ φωτοσύνθεσης [21].

Είναι φυτό μόνικο με άνθη διγενή ή μονογενή (οι καλλιεργούμενες ποικιλίες έχουν μονοκλινή φυτά). Η ταξιανθία του είναι φόβη. Τα σταχύδια είναι διανθή με ένα γόνιμο άνθος το οποίο δεν έχει ποδίσκο και ένα άγονο συνήθως με ποδίσκο. Το γόνιμο άνθος αποτελείται από 2 λέπυρα, 3 στήμονες, 1 ύπερο με μονόχωρη ωοθήκη, 2 στύλους και 2 γλωχίνες (που είναι η βάση του ύπερου). Η ταξιανθία έχει μήκος 20-70cm. Η άνθηση διαρκεί περίπου 6-15 ημέρες και αρχίζει από την κορυφή προς την βάση. Το φυτό αυτογονιμοποιείται και σταυρογονιμοποιείται σε ίση αναλογία [2,12].



Ο βλαστός του Σόργου είναι καλάμι και μπορεί να φτάσει σε ύψος τα 3,5 - 6m. Κάθε στέλεχος αποτελείται από 7-10 κατακόρυφα μεσογονάτια διαστήματα. Το σόργο έχει την ικανότητα να αδελφώνει και αυτά αναπτύσσονται από τους οφθαλμούς της βάσης. Τα φύλλα εκπτύσσονται από κάθε κόμπο του στελέχους. Το φύλλο διακρίνεται στο έλασμα και στον κολεό. Το έλασμα του σόργου διακρίνεται από εκείνο του καλαμποκιού από το ότι φέρει δοντάκια περιφερειακά. Επίσης η περιφέρεια του ελάσματος είναι λεία και έχουν σαφώς μικρότερο μέγεθος.

Το ριζικό σύστημα διακρίνεται σε εμβρυακό και μόνιμο. Το εμβρυακό σύστημα αποτελείται μόνο από μία ρίζα σε αντίθεση με το καλαμπόκι, το οποίο έχει περισσότερες από τρεις. Η ρίζα αυτή αυξάνεται μέχρι την άνθηση και διατηρείται για όλο το βιολογικό κύκλο του φυτού. Το μόνιμο ριζικό σύστημα είναι θυσανωτό και εκφύεται από τους κόμπους του στελέχους που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Επίσης μπορούν να εμφανιστούν επιγενείς ή εναέριες ρίζες, δηλαδή ρίζες οι οποίες εκφύονται από κόμπους που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

Ο καρπός είναι καρυόψη σε σχήμα σφαιρικό ή ωοειδές. Το βάρος 1000 σπόρων είναι 7-40g και εξαρτάται από την ποικιλία ή τον σκοπό χρήσης του σόργου [2,12].

2.2.2. Οικολογικές απαιτήσεις

Το σόργο αντέχει αρκετά στην ξηρασία, είναι όμως ευαίσθητο στις χαμηλές θερμοκρασίες. Είναι επίσης ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες. Μπορεί να υπομείνει μια περίοδο ξηρασίας και να συνεχίσει την ανάπτυξή του, σε αντίθεση με το καλαμπόκι, στο οποίο ελλείψη υγρασίας κατά την κρίσιμη περίοδο μηδενίζει την παραγωγή του [7]. Φυτρώνει στους 7-10°C εδάφους αλλά απαιτεί μεγαλύτερες θερμοκρασίες για την ανάπτυξή του, για αυτό το λόγο συνήθως σπέρνεται μετά το καλαμπόκι (2 με 3 εβδομάδες μετά). Ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι οι 15°C

και άριστη οι 27-32°C. Πάνω από τους 37°C παρατηρείται στασιμότητα στην ανάπτυξη του φυτού [2,12].

Συνίσταται σε εδάφη μέτριας γονιμότητας ή φτωχά, με περιορισμένο νερό όπου ξεπερνά τις αποδόσεις του καλαμποκιού [7].

2.2.3. Καλλιεργητικές τεχνικές

Το σόργο επειδή έχει μικρό σπόρο απαιτεί καλή κατεργασία του εδάφους για την επίτευξη κατάλληλης σποροκλίνης, διατήρηση της εδαφικής υγρασίας και καταστροφή των ζιζανίων. Συνίσταται ένα θερινό όργωμα ή φθινοπωρινό και σβανίσματα λίγο πριν τη σπορά [2,12].

Η σπορά γίνεται την Άνοιξη και μάλιστα περίπου δύο εβδομάδες μετά την σπορά του καλαμποκιού. Η καλύτερη περίοδος για τις εύκρατες περιοχές θεωρείται αυτή από τα μέσα Μαΐου έως και τις αρχές Ιουνίου. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως απαιτεί θερμοκρασίες εδάφους 7-10°C για επιτυχές φύτευμα. Οι γραμμές σποράς καθορίζονται ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται και κυμαίνονται από 40-120cm. Οι αποστάσεις επί των γραμμών σποράς εξαρτώνται από την πυκνότητα σποράς και την καλλιεργητική τεχνική και κυμαίνονται από 10-15cm.

Το Σόργο μπορεί να ακολουθήσει σε πρόγραμμα αμειψισποράς οποιοδήποτε φυτό αλλά καλό είναι να προηγούνται ψυχανθή, καθώς έχουν παρατηρηθεί μειωμένες αποδόσεις όταν μετά το Σόργο ακολουθούν χειμερινά σιτηρά, διότι το ριζικό σύστημα του φυτού εξαντλεί τη διαθέσιμη υγρασία και τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Επίσης σημαντικά προβλήματα παρουσιάστηκαν με την ανάπτυξη και παραγωγικότητα διαφόρων εαρινών καλλιεργειών όπως το βαμβάκι και το καλαμπόκι, διότι η υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα των ριζικών

υπολειμμάτων της ρίζας του Σόργου οδηγεί στην ανάπτυξη μικροοργανισμών, οι οποίοι ανταγωνίζονται τα φυτά σε θρεπτικά στοιχεία κατά την αποσύνθεσή τους.

Το Σόργο αντιδρά στην αζωτούχα και στην φωσφορική λίπανση. Για παραγωγή της τάξεως των 5-7t στρ.⁻¹ τα φυτά καταναλώνουν 5 kg στρ.⁻¹ φώσφορο (P). ανάλογα με την εδαφική συμπεριφορά του χωραφιού και για παραγωγές της τάξεως των 5-7 t στρ.⁻¹ απαιτούνται 5-7kg στρ.⁻¹ αζώτου (N) σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία, σε μια δόση λίγο πριν ή λίγο μετά την σπορά και σε αμμώδη εδάφη σε δύο δόσεις μία πριν τη σπορά και μία περίπου 30 ημέρες μετά [32]. Συνήθως χορηγούνται 4-15 μονάδες N και 4-7 μονάδες P στο στρέμμα αντίστοιχα [16].

Το Σόργο όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως είναι ανθεκτικό στην ξηρασία και σε συνδυασμό με την ικανότητα του να αναστέλλει την ανάπτυξή του σε περιόδους ξηρασίας, το καθιστά ικανό να καλλιεργηθεί σε περιοχές με χαμηλές τιμές βροχόπτωσης. Παρότι θεωρείται από τα φυτά με τις χαμηλότερες απαιτήσεις σε νερό (*Mastrolilli. et al., 1995*), η άρδευση θεωρείται απαραίτητη. Βέβαια εκεί όπου υπάρχει διαθέσιμο νερό καλό είναι να αρδεύεται αμέσως μετά τη σπορά. Ειδικότερα για τα κλιματικά δεδομένα της Θεσσαλίας ο μέσος όρος των συνολικών αναγκών σε αρδευτικό νερό των καλλιεργειών κατά την αρδευτική περίοδο υπολογίζεται σε 550-700 m³ στρ.⁻¹ συνυπολογιζομένου και ενός ποσοστού απωλειών περίπου 20% [9].

Πολλές φορές απαιτείται να γίνεται ζιζανιοκτονία με επιλεκτικά ζιζανιοκτόνα όπως το 2,4D ή με μηχανικά μέσα όπως σκαλιστήρια. Σε μικρό στάδιο δεν μπορεί να ανταγωνιστεί τα ζιζάνια, αλλά λόγω της ταχύτατης ανάπτυξής του γίνεται ισχυρός ανταγωνιστής [2,12]. Διάφοροι μύκητες προσβάλλουν το Σόργο. Οι σπουδαιότεροι από αυτούς είναι είδη των γενών *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Puccinia*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Ascochyta*, *Sphacelotheca* κ.λ.π. Για την καταπολέμησή τους συνίσταται αμειψισπορά, ανθεκτικές ποικιλίες, καταστροφή των άρρωστων φυτών κ.α. Η χημική καταπολέμηση είναι αντισυμβατική για την καλλιέργεια. Επίσης έντομα προσβάλλουν τον βλαστό, τα φύλλα και την καρποταξία. Η αντιμετώπισή τους γίνεται με διάφορα εντομοκτόνα [7]. Η συγκομιδή πραγματοποιείται ανάλογα με

την χρήση χορτοκοπτικής μηχανής (για σανό, για ενσίρωση, για βιομάζα κ.ο.κ.) και με την χρήση θεριζοαλωνιστικής μηχανής (για καρπό).

	Γλυκό σόργο	Ινώδες σόργο
Εποχή σποράς	Μάιος T>15°C	Μάιος T>15°C
Ζιζανιοκτονία	Προφυτρωτική, μεταφυτρωτική	Προφυτρωτική, μεταφυτρωτική
Πυκνότητα φύτευσης (φυτά στρ. ⁻¹)	7.000-20.000	7.000-20.000
Άρδευση (mm)	300-700	300-700
Λίπανση (kg στρ. ⁻¹)	N: 5-10	N: 3-5
Άνθηση	Σεπτέμβριος	Σεπτέμβριος
Συγκομιδή	Σεπτέμβριος – Οκτώβριος	Σεπτέμβριος
Αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα (t στρ. ⁻¹)	2-4	2,7
Είδος βιοκαυσίμου	Βιοαιθανόλη	Βιοαιθανόλη, Στερεό

Πίνακας 2.2 Καλλιεργητικές τεχνικές (περιοδικό ΓΕΩΡΓΙΑ – ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ 6,πηγή Κ.Α.Π.Ε. 1999))

2.2.4. Θρεπτική αξία – Προϊόντα

Η θρεπτική αξία του σανού σόργου είναι παρόμοια με τα άλλα αγρωστώδη. Ο σανός θεωρείται πολύ καλός για ζώα εργασίας και κρεατοπαραγωγικά βοοειδή, ενώ υστερεί για αγελάδες γαλακτοπαραγωγής όπου κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται η μηδική.

Το Σόργο είναι πολύ σημαντικό για την παγκόσμια ανθρώπινη κατανάλωση, αφού από αυτό εξαρτώνται 300 εκατομμύρια άνθρωποι. Ο σπόρος του σόργου χρησιμοποιείται όπως και το ρύζι, δηλαδή ως φαγώσιμο, ή μπορεί να αλεσθεί και να παραχθεί αλεύρι. Το Σόργο χρησιμοποιείται, λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε σάκχαρα, για την παραγωγή σιροπιού, ενώ ακόμα δεν έχει βρεθεί οικονομικά εφικτός τρόπος εξαγωγής κρυσταλλικής ζάχαρης. Μπορεί από το σπόρο να παραχθεί μπίρα

τύπου Kiffer, ενώ ο καφαλισμένος σπόρος χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο του καφέ.

Ο σπόρος αναφέρεται ότι έχει πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες όπως καταπραϋντικές, διουρητικές, μαλακτικές, αντιοξειδωτικές ενώ επίσης έχει ευεργετικές ιδιότητες κατά την εγκυμοσύνη. Στην νότια Ροδεσία οι ρίζες του φυτού χρησιμοποιούνται για την ελονοσία, οι σπόροι για ασθένειες στήθους και τη διάρροια, ενώ ο μίσχος του για τη φυματίωση. Στην Ινδία το φυτό θεωρείται ανθελμινικό και εντομοκτόνο και στην Νότια Αφρική σε συνδυασμό με το *Erigeron canadense* L., χρησιμοποιείται για έκζεμα. Στην Κίνα, όπου οι σπόροι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή οινόπνεύματος, το κέλυφος του σπόρου σιγοψήνεται με καφέ ζάχαρη και λίγο νερό έτσι ώστε να αντιμετωπίσει την ιλαρά. Σύμφωνα με τον Morton οι ιθαγενείς του νησιού Curacao πίνουν το αφέψημα των φύλλων για την ιλαρά, ενώ αλέθουν τους σπόρους με εκείνες της κολοκυθιάς (*Crescentia*) για ασθένειες των πνευμόνων. Οι κάτοικοι της Βενεζουέλας ζεσταίνουν και πολτοποιούν τους σπόρους για την διάρροια. Οι Βραζιλιάνοι πίνουν το αφέψημα των σπόρων για τις βρογχίτιδες, το βήχα και άλλες ασθένειες του στήθους. Οι κάτοικοι της Αρούμπα το χρησιμοποιούν ως κατάπλασμα στην πλάτη εκείνων που υποφέρουν από πνευμονική συμφόρηση. Σύμφωνα με την βοτανική του Griene, ένα αφέψημα από 50 gr σπόρου διαλυμένα σε 1lt βραστό νερό βράζεται έτσι ώστε να μειωθεί ο όγκος στο μισό και χρησιμοποιείται για τα νεφρά και τις παθήσεις του ουρικού συστήματος [8].

Κυρίως το σακχαρώδες και το ινώδες Σόργο παράγουν πολύ καλή ποιότητα βιομάζας, η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή υγρών καυσίμων (βιοαιθανόλης) και στερεών βιοκαυσίμων (ως ξηρή βιομάζα), τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως στις μεταφορές και στην παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι από αυτά τα είδη σόργου παράγεται χαρτοπολτός και οικοδομικά υλικά [8].

2.2.5. Είδη σόργου που χρησιμοποιούνται ως ενεργειακή καλλιέργεια

Δύο είναι τα είδη του σόργου που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ενέργειας. Αυτά είναι το **ινώδες** και **γλυκό Σόργο** (*Sorghum bicolor* L. Moench).

Το ινώδες σόργο αποτελεί υβρίδιο του καρποδοτικού σόργου και του σόργου για την κατασκευή σκούπας. Παρόλο που έχει τροπική προέλευση μπορεί να αναπτυχθεί σε υποτροπικές και εύκρατες περιοχές, ενώ κάποια υβρίδια παρουσίασαν μεγάλη απόδοση σε Μεσογειακές συνθήκες. Είναι ετήσιο φυτό με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, μεγάλη παραγωγή βιομάζας, με αντοχή στην ξηρασία και μικρές απαιτήσεις σε άζωτο. Χαρακτηρίζεται από μέση περιεκτικότητα σε ζάχαρη (9-12%), ενώ η υψηλή ενεργειακή του αξία οφείλεται στο υψηλό ποσοστό σε λινοκυτταρικές ίνες (περίπου 2t στρ.⁻¹) που περιέχει. Το ριζικό σύστημα είναι πολύ ανεπτυγμένο με πολλές πλάγιες ρίζες και πολύ αποτελεσματικό, κάτι που κάνει το φυτό πολύ ανθεκτικό στις συνθήκες ξηρασίας, ενώ είναι ικανό να δεσμεύει το φυσικό άζωτο και τα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος. Επίσης το εκτεταμένο ριζικό σύστημα σε συνδυασμό με τους πυκνούς πληθυσμούς μειώνει τον κίνδυνο της διάβρωσης του εδάφους σε λοφώδεις περιοχές ή σε πλαγιές. Το ινώδες σόργο μπορεί να αναπτυχθεί σε μεγάλο εύρος εδαφών με pH 5 έως 8 και σε εδάφη με μεγάλη αλατότητα, αλκαλικότητα και κλίση. Εδάφη όξινα και βαριά θα πρέπει να αποφεύγονται.

Το ινώδες σόργο σπέρνεται την άνοιξη, όταν η θερμοκρασία του εδάφους είναι περίπου 15°C. Οι αποστάσεις σειρών είναι 10-100cm, ενώ τα φυτά σπέρνονται ανά 10-20cm επί της σειράς. Για τις ελληνικές συνθήκες απαιτούνται 300-700mm άρδευση, ανάλογα και με την περιοχή όπου καλλιεργείται. Οι απαιτήσεις σε λίπανση είναι μικρές και συνήθως παρέχονται 5 μονάδες N. Η απόδοση σε χλωρή βιομάζα φτάνει τους 10 – 14 t στρ.⁻¹, ενώ σε ξηρή βιομάζα τους 3-4 t στρ.⁻¹ Γνωστές ποικιλίες ινώδους σόργου είναι η ABF 306, η NK 506, η H 132 και η FS 5 [24].

Σε αντίθεση με το ινώδες, το γλυκό σόργο έχει υψηλό ποσοστό από ευκόλως ζυμούμενα σάκχαρα (σακχαρόζη, γλυκόζη και φρουκτόζη). Η χρησιμοποίηση του για την παραγωγή βιοκαυσίμων έχει σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς και καθοριστικά μειονεκτήματα.

Τα πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

- Έχει υψηλή απόδοση σε βιομάζα.
- Έχει μικρές απαιτήσεις σε άζωτο (N).
- Έχει χαμηλό κόστος εγκατάστασης.

Τα μειονεκτήματα του είναι ότι:

- ✓ Είναι ευάλωτο στο πλάγιασμα σε συνθήκες όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι.
- ✓ Δεν έχει αποτυπωθεί η βέλτιστη περίοδος συγκομιδής.
- ✓ Για το ξεχώρισμα των φύλλων από τους μίσχους πρέπει να χρησιμοποιείται ειδικό μηχάνημα.

Σε γενικές γραμμές οι απαιτήσεις του γλυκού σόργου είναι παρόμοιες με εκείνες που απαιτούνται για την καλλιέργεια του ινώδους σόργου. Η απόδοση σε χλωρή βιομάζα φτάνει τους 8-12t στρ.⁻¹, ενώ σε ξηρή βιομάζα τους 2,5-3,5t στρ.⁻¹ Σε ιδανικές συνθήκες ποτίσματος και λιπάνσεως, η παραγωγή βιοαιθανόλης εκτιμάται στα 650 - 900 l στρ.⁻¹ Γνωστές ποικιλίες του γλυκού σόργου είναι η SOFRA, η KORALL, η COWLEY, η KELLER και η MN 1500 [14,23].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

ΑΡΔΕΥΣΗ

3.1. Γενικά

Η άρδευση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη μιας καλλιέργειας και κατ'επέκταση στην προσδοκόμενη παραγωγή, ειδικά σε κλιματικές συνθήκες όπως το ξηρό Μεσογειακό καλοκαίρι. Έτσι, χορηγώντας τις αναγκαίες για τα φυτά ποσότητες νερού καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής τους, επιτυγχάνουμε μεγιστοποίηση της παραγωγής.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας, έγινε δυνατή και η επίλυση διαφόρων προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά την εφαρμογή των παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης (κατάκλιση, άρδευση με αυλάκια, καταιονισμός). Εφαρμόστηκαν έτσι σύγχρονα συστήματα άρδευσης, όπως η επιφανειακή στάγδην άρδευση και η υπόγεια στάγδην άρδευση.

Με τις προαναφερθείσες μεθόδους μειώνονται οι απώλειες λόγω της επιφανειακής εξάτμισης, το φυλλώδες βρέξιμο και τη συσσώρευση αλάτων στη ζώνη της ριζόσφαιρας που δημιουργείται στην άρδευση με αυλάκια και λωρίδες.

3.2. Επιφανειακή στάγδην άρδευση

Η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην άρδευση είναι μια μέθοδος κατά την οποία νερό εφαρμόζεται στο χωράφι σε μικρές ποσότητες με τη μορφή σταγόνων έτσι που κάθε φυτό χωριστά να εφοδιάζεται με την απαραίτητη για την κανονική του ανάπτυξη και απόδοση υγρασία. Η μέθοδος είναι πολύ αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σωστά και προσφέρεται για περιπτώσεις όπου το διαθέσιμο νερό είναι περιορισμένο, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εφαρμοστούν άλλες μέθοδοι (κατάκλυση, περιορισμένη διάχυση, άρδευση με αυλάκια, καταιονισμός).

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αποτελείται από τα δίκτυα μεταφοράς, εφαρμογής και από τη μονάδα ελέγχου.

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από τους κύριους αγωγούς μεταφοράς που μεταφέρουν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας, οι οποίοι εξασφαλίζουν την απαιτούμενη παροχή και φορτίο στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής. Οι αγωγοί του δικτύου μεταφοράς είναι συνήθως από άκαμπτο P.V.C. διαμέτρου 12-25mm και πρέπει να τοποθετούνται υπόγεια, τόσο για την προστασία τους όσο και για την διευκόλυνση της κυκλοφορίας στο χωράφι των καλλιεργητικών μηχανημάτων.

Το δίκτυο εφαρμογής από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου με συνηθισμένη διάμετρο 12-16mm, που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και τα 25mm, στους οποίους σε προκαθορισμένες θέσεις, τοποθετούνται ή ενσωματώνονται οι σταλακτήρες μέσω των οποίων το νερό φτάνει στο έδαφος με τη μορφή σταγόνων.

Η μονάδα ελέγχου τοποθετείται στην αρχή του δικτύου αμέσως μετά το αντλητικό συγκρότημα ή την υδροληψία αν το δίκτυο είναι συλλογικό και περιλαμβάνει μετρητή ροής, φίλτρα, ρυθμιστές πίεσης και συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Κύριο στοιχείο της μονάδας ελέγχου αποτελούν τα φίλτρα γιατί το νερό που παροχετεύεται στο δίκτυο πρέπει να είναι απαλλαγμένο από φερτά υλικά, ακόμη και πολύ μικρών διαστάσεων, για να μην αποφράσσονται οι σταλακτήρες.

Τα φίλτρα κάνουν μηχανικό και όχι χημικό ή άλλου είδους καθαρισμό του νερού. Τα φίλτρα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: α) τα φίλτρα σίτας (για λεπτόκοκκα υλικά), β) τους υδοκυκλώνες (για στερέα υλικά μεγάλης σχετικά διαμέτρου) και γ) τα φίλτρα χαλίκων ή άμμου (για περιπτώσεις όπου το νερό περιέχει σημαντική ποσότητα από οργανικές ύλες και μικροφύκη).

Βάση του συστήματος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης είναι οι σταλακτήρες. Το νερό εμφανίζεται στην έξοδο των σταλακτήρων με τη μορφή σταγόνων κατά τακτά χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε σε κάθε θέση να διηθούνται στο έδαφος λίγα λίτρα νερού την ώρα. Για να μπορεί να εκπληρώσει σωστά την αποστολή του ένας σταλακτήρας, πρέπει να εξασφαλίζει μικρή και ομοιόμορφη

παροχή που να μην επηρεάζεται από περιορισμένες μεταβολές της πίεσης στον αγωγό εφαρμογής, να έχει σχετικά μεγάλη διατομή ροής ώστε να μην αποφράζεται εύκολα, να είναι κατασκευασμένος από υλικό που να μην επηρεάζεται σημαντικά και να μην παθαίνει μόνιμες αλλοιώσεις από τις έντονες μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την έκθεσή του στο χωράφι, να είναι ευκολόχρηστος και να έχει μικρό κόστος.

Οι σταλακτήρες διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Έτσι ανάλογα με το είδος ροής του νερού διακρίνονται σε: i) σταλακτήρες με στρωτή ροή, ii)σταλακτήρες με μερικά στροβιλώδη ροή, iii)σταλακτήρες με στροβιλώδη ροή. Ανάλογα με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού σε α) αυτοκαθαριζόμενοι και β) μη αυτοκαθαριζόμενοι και ανάλογα με τον τρόπο απόσβεσης ή στραγγαλισμού της πίεσης διακρίνονται σε 1)σταλακτήρες με μακρύ διάδρομο ροής και 2) σταλακτήρες με επιστόμιο ή οπή [13].

Η σωστή λειτουργία ενός δικτύου άρδευσης με σταγόνες απαιτεί ορισμένους χειρισμούς όπως η αυτοματοποιημένη έναρξη και παύση λειτουργίας του συστήματος, η διαδοχική υδροδότηση των διαφόρων μονάδων και η ρύθμιση των απαιτούμενων παροχής και φορτίου στην αρχή του δικτύου και στους αγωγούς τροφοδοσίας.

Η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης άρχισε να εξαπλώνεται στην Ελλάδα στις αρχές της δεκαετίας του 80' και η μεγάλη εξάπλωσή της οφείλεται κυρίως στις καλλιέργειες των οπωροφόρων δένδρων και της αμπέλου. Οι *Bravdo και Herper (1987)* απέδειξαν ότι με την επιφανειακή στάγδην άρδευση επιτυγχάνεται ικανοποιητικότερη χορήγηση των θρεπτικών στοιχείων στη καλλιέργεια της αμπέλου και ειδικότερα του φωσφόρου. Σήμερα στη χώρα μας χρησιμοποιείται σε συντριπτικό ποσοστό για την άρδευση του βαμβακιού. Ενδεικτικά αναφέρεται η αύξηση της καλλιεργήσιμης έκτασης στη χώρα μας με βαμβάκι από 160.000ha στα τέλη της δεκαετίας του 80' σε άνω των 400.000ha το 2001 [6].

3.2.1. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Επιφανειακής στάγδην άρδευσης

Τα πλεονεκτήματα της επιφανειακής στάγδην άρδευσης είναι: α) η χαμηλή πίεση λειτουργίας του συστήματος, β) η εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, γ) η ταυτόχρονη χορήγηση λιπασμάτων σε υδατοδιαλυτή μορφή, δ) η μείωση των απωλειών νερού εξαιτίας της επιφανειακής απορροής, ε) η πλήρης αυτοματοποίηση της μεθόδου και στ) η εφαρμογή του σε περιοχές με εξαιρετικά ανώμαλη τοπογραφία χωρίς την ανάγκη ισοπέδωσης.

Πέρα όμως από τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω η μέθοδος παρουσίασε και σημαντικά μειονεκτήματα όπως: i) υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, ii) η ανάγκη απομάκρυνσης των δευτερευόντων αγωγών άρδευσης λίγο πριν και μετά την εγκατάσταση της νέας καλλιέργειας (σε μονοετείς καλλιέργειες), iii) η αδυναμία άμεσης προσέγγισης του νερού στο ενεργό ριζόστρωμα των φυτών (ειδικά σε βαριάς σύστασης εδάφη), iv) η φθορά των υλικών λόγω των καιρικών συνθηκών, των καλλιεργητικών πρακτικών και της τοπικής υπέρχειας πανίδας, v) η αποφυγή χρήσης αρδευτικού νερού με αυξημένη αλατότητα (έμφραξη σταλακτήρων, αύξηση αλατότητας στη ριζόσφαιρα) και vi) η ανάγκη χρήσης άλλης μεθόδου για το φύτερωμα των καλλιεργειών.

3.3. Υπόγεια στάγδην άρδευση

Η υπόγεια στάγδην άρδευση είναι μια παραλλαγή της επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Εμφανίστηκε πριν 50 περίπου χρόνια στις Η.Π.Α. και τη Μεγάλη Βρετανία με τη λήξη του δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, εξαιτίας της χαμηλής τιμής των υλικών P.E. και PVC.

Χρησιμοποιήθηκε αρχικά σε μεγάλης αξίας καλλιέργειες όπως τα σπωροφόρα δένδρα, σε κήπους, στο βαμβάκι κ.α. Ήδη από το 1959 χρησιμοποιείται κατά κόρον σε μεγάλες εκτάσεις της Καλιφόρνιας και του Τέξας των Η.Π.Α. εξαιτίας του σημαντικού ελλείμματος σε αρδευτικό νερό των περιοχών αυτών (*Phene et al., 1992*). Το 1986 ο *Phene* σε πειράματα τομάτας αυξάνει τη μέση παραγωγή από 30 tn acre⁻¹ με τη χρήση παραδοσιακών μεθόδων επιφανειακής άρδευσης σε 50-60 tn acre⁻¹ με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Επίσης σε έρευνα του USDA (*Phene et al., 1986*) αποδεικνύεται ότι το προφίλ υγρασίας στην υπόγεια στάγδην άρδευση, όσον αφορά την επιφάνεια του εδάφους εξαρτάται αποκλειστικά από τη ρύθμιση της συχνότητας των αρδεύσεων. Οι *Hutmacher et al., (1992)* επιτυγχάνουν μεγάλη μείωση του συνολικού κόστους άρδευσης και υλικών με την εφαρμογή της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε λιβαδικές καλλιέργειες.

Το 1993 χρησιμοποιείται για πρώτη φορά το Triflyralin-5 στην υπόγεια άρδευση ως ριζοαπωθητικό. Η ενσωμάτωση του Teflan στους σταλάκτες και η αργή αποδέσμευσή του οδηγεί στην παύση παρείσφρησης της ρίζας παράπλευρα και εντός των σταλακτήρων. Οι *Solomon και Jorgensen* από το 1989 έως και το 1993 αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι το προϊόν αντιστέκεται απολύτως ικανοποιητικά στην αποκαλούμενη παρείσφρησης της ρίζας, ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται ομοιομορφία της άρδευσης σε ποσοστό 70-97%.

Το 2000 οι *Sakellariou-Makrantonaki et al.,* παρατηρούν αύξηση της εδαφικής υγρασίας στη ζώνη του ριζοστρώματος σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων και αύξηση

ζαχαρικού τίτλου αυτών συγκρίνοντας την υπόγεια με την επιφανειακή στάγδην άρδευση.

Οι *Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη και συνεργάτες (2003)* στα συμπεράσματα τους από την ολοκλήρωση πειράματος σε καλλιέργεια ινώδους Σόργου στη Θεσσαλία, αναφέρουν σαφή υπεροχή σε παραγωγή ξηρής βιομάζας καθώς και υψηλότερους αναπτυξιακούς ρυθμούς στα φυτά που αρδεύτηκαν υπογείως έναντι αυτών που αρδεύτηκαν επιφανειακά.

3.3.1. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Υπόγειας στάγδην άρδευσης

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης είναι τα ακόλουθα: α) η χρήση αρδευτικού νερού με αυξημένη αλατότητα και η μείωση της συγκέντρωσης των αλάτων έως το βάθος του ενεργού ριζοστρώματος (*Devitt and Miller, 1988*), β) η μέγιστη μείωση των απωλειών νερού λόγω εξάτμισης (40-45% στις παραδοσιακές επιφανειακές μεθόδους, 25% στην επιφανειακή στάγδην άρδευση και 5-10% στην υπόγεια άρδευση) και των υψηλών ταχυτήτων ανέμου, γ) η καλύτερη μεταφορά των υδατοδιαλυτών λιπασμάτων στη ζώνη του ενεργού ριζοστρώματος (*Solomon, 1993*), δ) ο πλήρης αυτοματισμός της άρδευσης βάση των ημερήσιων αναγκών σε εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (*Sakellariou, 2000*), ε) η μείωση των αναγκών σε ενέργεια για τη λειτουργία του συστήματος, ειδικότερα με τη χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας (*I-Pai Wu, 1994*), στ) η μείωση της φθοράς των υλικών άρδευσης εξαιτίας των καιρικών συνθηκών, των καλλιεργητικών πρακτικών και της τοπικής υπέρχειας πανίδας, ζ) η μη απαίτηση μετακίνησης του δικτυού πριν τη σπορά, η) η μείωση της εδαφολογικής διάβρωσης (ειδικότερα στα επικλινή εδάφη).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1. Γενικά – Οριοθέτηση – Σχέδιο – Μεταχειρίσεις

Η χορήγησης ζιζανιοκτόνου (τριφλουραλίνης) στην καλλιέργεια του Γλυκού Σόργου (*Sorghum bicolor* L.) με σκοπό την μείωση των ζιζανίων και αύξηση της παραγωγής μελετήθηκε στο αγρόκτημα του πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Βελεστίνο) την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2006.

Το στίγμα του αγροκτήματος είναι 39°23' γεωγραφικό πλάτος, 22°45' γεωγραφικό μήκος και βρίσκεται σε υψόμετρο 50m από το επίπεδο της θάλασσας. Στην περιοχή του αγροκτήματος επικρατεί κυρίως ένα τυπικό Μεσογειακό κλίμα, χαρακτηριζόμενο από θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ψυχρούς και υγρούς χειμώνες.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 11 Μαΐου 2006. η σπορά έγινε με πνευματική σπαρτική μηχανή, η οποία είχε τέσσερις σπαρτικές κεφαλές. Η συνολική επιφάνεια, που καταλαμβάνει ο συγκεκριμένος πειραματικός αγρός είναι 800 τμ. Η επιφάνεια του κάθε πειραματικού τεμαχίου ήταν 50m² (κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε τις ακόλουθες διαστάσεις: μήκος 10m και πλάτος 5m). Σε κάθε τεμάχιο εγκαταστάθηκαν έξι σειρές φυτών. Η απόσταση μεταξύ των σειρών σποράς της κάθε επανάληψης ήταν 0,8m. Η ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς υπολογίστηκε στα 0,143m (πυκνότητα σποράς 8.400 φυτά στρ.⁻¹).

Στις μεταχειρίσεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης η ποσότητα του νερού που χορηγήθηκε αντιστοιχούσε στο 100% της δόσης άρδευσης.

Στις μεταχειρίσεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης η ποσότητα του νερού που χορηγήθηκε αντιστοιχούσε στο 80% της δόσης άρδευσης. Στους μάρτυρες δεν χορηγήθηκε καθόλου νερό.

Μετεωρολογικός
Σταθμός

ΔΕΞΑΜΕΝΗ -
ΕΞΕΔΡΑ

Μικροϋπολογιστής
άρδευσης



E1 100%, E4100% E5 100%, E7 100%	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΟ 100% ΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ
Y1 80%, Y2 80% Y3 80%, Y4 80%	ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΟ 80% ΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ
M1 , M2 M3 , M4	ΚΑΘΟΛΟΥ ΧΟΡΗΓΗΣΗ ΝΕΡΟΥ Η ΜΗ ΑΡΔΕΥΣΗ

4.2. Εδαφολογικά χαρακτηριστικά

Το έδαφος, όπου το πείραμα πραγματοποιήθηκε είναι καλά στραγγιζόμενο, ασβεστούχο, ιλυοαργιλοπηλώδους υφής και ανήκει στην υποομάδα των *Tyric Xerochrepts* [34].

Στην περιοχή επικρατούν συνθήκες εδαφικής υγρασίας *xeiic* και εδαφικής θερμοκρασίας *thermic*. Τα εδάφη αυτά υφή αμμοαργιλοπηλώδη έως αργιλώδη και κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη έως λεπτόκοκκη. Η κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή και εκφράζεται με β' βαθμό αποστράγγισης, ο οποίος βελτιώνεται με το βάθος του εδάφους, εξαιτίας της πορώδους σύστασής του.

Τα ανθρακικά άλατα υπάρχουν στην εδαφοτομή σε χαμηλά επίπεδα και εμφανίζουν τάση μετακίνησης και έκπλυσης προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους.

Το pH του εδάφους είναι αλκαλικό (7,9-8,2) χωρίς όμως να προκαλεί προβλήματα στην καλλιέργεια. Το πορώδες είναι καλά ανεπτυγμένο και η οργανική ουσία είναι επαρκής μέχρι το βάθος των 60cm.

4.3. Υλικά Άρδευσης

Το υπόγειο δίκτυο άρδευσης βρίσκεται σε βάθος 45cm και η τοποθέτησή του έγινε με ειδικό μηχάνημα (τον υπεδαφοθέτη).

Οι αγωγοί μεταφοράς τόσο του επιφανειακού όσο και του υπόγειου δικτύου άρδευσης ήταν από πολυαιθυλένιο (PE). Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο της επιφανειακής και της υπόγειας στάγδην άρδευσης τοποθετήθηκαν τρεις αγωγοί άρδευσης των 20mm. Η απόσταση των αγωγών εφαρμογής μεταξύ τους ήταν 1,6m και τοποθετήθηκαν σειρά παρά σειρά μεταξύ των γραμμών σποράς της καλλιέργειας του Γλυκού Σόργου (*Sorghum bicolor* L. Moench). Η ισαποχή των σταλακτήρων επί των γραμμών άρδευσης ήταν 0,6m. Οι σταλάκτες ήταν αυτορυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι με παροχή 3,6 lt h⁻¹ σε πίεση λειτουργίας 3,5 Atm.

Τοποθετήθηκαν επίσης έξι ηλεκτροβάνες (μία για κάθε δύο πειραματικά τεμάχια της ίδιας μεταχείρισης) με σκοπό την πλήρη αυτοματοποίηση της άρδευσης (αυτόματη έναρξη και λήξη). Επίσης τοποθετήθηκαν έξι υδρομετρητές, αντίστοιχα με τις ηλεκτροβάνες, για τον έλεγχο των πιθανών αποκλίσεων από τις επιθυμητές τιμές των δόσεων άρδευσης. Οι ηλεκτροβάνες ήταν τύπου Aquaret II, με τάση λειτουργίας 9-40 V.

Όλες οι ηλεκτροβάνες συνδέθηκαν με ειδικό προγραμματιστή (miracle) άρδευσης, με σκοπό την αυτοματοποίησή της. Ο προγραμματιστής παρέχει τη δυνατότητα λειτουργίας τεσσάρων ηλεκτροβανών ταυτόχρονα σε τρία διαφορετικά προγράμματα.



Εικόνα 4.1 Ο ειδικός προγραμματιστής άρδευσης (miracle).

Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα συνεχούς άρδευσης για δέκα (10) σχεδόν ώρες και μπορεί να προγραμματιστεί με βάση ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα άρδευσης. Παρέχει τη δυνατότητα μείωσης ή αύξησης των δόσεων άρδευσης μέχρι και 100%.

Στο υπόγειο δίκτυο χρησιμοποιήθηκε ειδική βαλβίδα εκτόνωσης κενού (vacuum breaker valve) για την αποφυγή εμφράξεων στο δίκτυο.

Τοποθετήθηκε επίσης φίλτρο δίσκων, εμπλουτισμένο με Trifluralin (ζιζανιοκτόνο της ομάδας των δινιτροανιλίνων), με εξωτερικές διαστάσεις $27,5\text{cm} \times 14\text{cm} \times 14,5\text{cm}$ και βάρος $1,27\text{kg}$. Οι διαστάσεις του συστήματος των δίσκων είναι $21\text{cm} \times 8.5\text{cm} \times 8.5\text{cm}$ και βάρους 0.38kg . Η μέγιστη παροχή νερού του φίλτρου ανέρχεται στα 6000 l h^{-1} [36]. Η ποσότητα του ζιζανιοκτόνου που εμπεριέχεται στο φίλτρο είναι της τάξης των ppb (part per billion).



1'' short

Χρησιμοποιήθηκε επίσης τσιμεντένια ορθογώνια δεξαμενή, χωρητικότητας περίπου 50m^3 . Η πλήρωσή της πραγματοποιούνταν από παρακείμενη γεώτρηση με τη χρήση αντλίας (μέσης παροχής $60\text{-}80\text{m}^3$ νερού h^{-1}).

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν (31 αρδεύσεις) και χορηγήθηκαν 550m^3 νερού στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100% της ETm, ενώ στην υπόγεια στάγδην και στην επιφανειακή στάγδην άρδευση που αντιστοιχούσε στο 80% της ETm χορηγήθηκαν 440m^3 νερού.

Πίνακας 4. 1 Δόσεις άρδευσης των μεταχειρίσεων

Ημερομηνία	Δόση επιφ/κης στάγδην στο 100% της ETm (mm)	Δόση υπόγεια στάγδην στο 80% της ETm (mm)
18/05/06	16,40	13,12
24/05/06	11,20	8,96
01/06/06	11,40	9,12
06/06/06	9,72	7,77
21/06/06	16,68	13,34
25/06/06	14,12	11,29
28/06/06	17,34	13,87
01/07/06	19,47	15,58
08/07/06	19,44	15,55
11/07/06	18,24	14,59
14/07/06	17,04	13,63
17/07/06	18,24	14,59
20/07/06	14,75	11,80
23/07/06	19,20	15,36
26/07/06	19,20	15,36
29/07/06	20,16	16,13
01/08/06	18,00	14,40
04/08/06	21,12	16,19
07/08/06	22,08	17,66
10/08/06	21,12	16,90
14/08/06	19,42	15,54
17/08/06	19,20	15,36
20/08/06	19,20	15,36
23/08/06	22,73	18,19
26/08/06	16,82	13,46
29/08/06	17,51	14,01
01/09/06	21,81	17,45
05/09/06	19,61	15,69
08/09/06	15,81	12,65
12/09/06	17,23	13,79
17/09/06	15,96	12,77
Σύνολο	550,21	440,17



4.4. Υπολογισμοί δόσεων άρδευσης και χρόνου άρδευσης και ποσότητας ζιζανιοκτόνου που εφαρμόστηκε στην άρδευση.

4.4.1. Θεωρητικός τρόπος υπολογισμών

Για τον υπολογισμό της άρδευσης με σταγόνα χρησιμοποιούνται συνήθως δυο τρόποι, ο θεωρητικός και ο πρακτικός (εξατμισόμετρο). Ο θεωρητικός τρόπος περιλαμβάνει τους παρακάτω υπολογισμούς:

→ Υπολογισμός της θεωρητικής δόσης άρδευσης (I_d):

$$I_d(\text{mm}) = \frac{(\text{FC} - \text{PWP}) * h * c * P * \text{ASW}}{10} \quad (1)$$

Όπου:

FC= Υδατοικανότητα

PWP= Σημείο Μόνιμης Μάρανσης

h= Βάθος ριζοστρώματος

c= Όριο εξάντλησης υγρασίας

P=Ποσοστό διαβροχής

ASW= Φαινόμενο Ειδικό Βάρος

→ Στη συνέχεια υπολογίζεται η πρακτική δόση άρδευσης (I_{da}):

$$I_{da}(\text{mm}) = I_d / 0,95 \quad (2)$$

Όπου: **0,95** το ποσοστό ωφελιμότητας του νερού άρδευσης

→ Το ωριαίο ύψος βροχής (I_{dh}) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$I_{dh} = \frac{q * n}{S_r * S_t}$$

(3)

Όπου:

q= Παροχή σταλάκτη

S_r= ισαποχή των γραμμών σποράς

S_t= ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς

n= αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό

$$n = \frac{S_t}{2 * S_e} \quad (4)$$

Όπου:

S_e= ισαποχή σταλακτήρων.

Ο αριθμός **2** αναφέρεται στην τοποθέτηση των αγωγών εφαρμογής (σειρά παρά σειρά).

→ Η διάρκεια άρδευσης (I_t) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_t(h) = I_{da} / I_{dh} \quad (5)$$

→ Για τον υπολογισμό του εύρους άρδευσης χρησιμοποιούμε τη παρακάτω σχέση:

$$I_r(d) = I_d / E_{td} \quad (6)$$

Όπου:

E_{td} = η μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή (mm).

Η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιείται διότι αφ'ενός η ημερήσια εξάτμιση κατά τη διάρκεια ενός μήνα δεν είναι ποτέ σταθερή, και αφετέρου διότι απαιτούνται συνήθως πολύ μεγάλοι χρόνοι λειτουργίας.

4.4.2. Πρακτικός τρόπος υπολογισμών

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την άρδευση της καλλιέργειας ήταν αυτή του εξατμισίμετρου τύπου Α. Το εξατμισίμετρο Α αποτελείται από μια κυλινδρική λεκάνη από γαλβανισμένη λαμαρίνα και έχει διάμετρο 121cm και βάθος 25,4cm. Η τοποθέτηση του γίνεται σε ειδική ξύλινη βάση σε ύψος 15cm από την επιφάνεια του εδάφους. Εντός της λεκάνης βρίσκεται ογκομετρικός σωλήνας μήκους 28,5cm και διαμέτρου 1,2cm. Η χωρητικότητα του σωλήνα είναι 50ml με διακριτικότητα 0,1ml και σφάλμα τα 0,05ml.



Ο καθορισμός των δόσεων άρδευσης και για τις τρεις μεταχειρίσεις βασίστηκε στην ημερήσια ένδειξη εξάτμισης του εξατμισίμετρου τύπου Α, πολλαπλασιάζοντας πάντα με το συντελεστή του εξατμισίμετρου ($K_{εξ}=0,80$).

→ Για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης για την επιφανειακή στάγδην άρδευση, η οποία αντιστοιχούσε στο 100% των ημερήσιων αναγκών σε νερό χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$I_{da_{\epsilon\pi}} \text{ (mm)} = E_{pan} \times E_{\epsilon\chi} \times K_c \quad (7)$$

→ Στην υπόγεια στάγδην άρδευση επειδή ελαχιστοποιούνται οι απώλειες λόγω εξάτμισης και πραγματοποιείται άμεσα η εφαρμογή του αρδευτικού νερού στο ενεργό ριζόστρωμα των φυτών, μειώθηκε η χορηγούμενη δόση άρδευσης κατά 20% έναντι της επιφανειακής στάγδην άρδευσης που αντιστοιχούσε στο 100% των ημερήσιων αναγκών σε νερό.

Έτσι η πρακτική δόση άρδευσης στην υπόγεια στάγδην άρδευση καθώς και στην επιφανειακή στάγδην άρδευση, οι οποίες αντιστοιχούσαν στο 80% των ημερήσιων αναγκών σε νερό υπολογίστηκε ως εξής:

$$I_{da_{\upsilon\pi}} \text{ (mm)} = I_{da_{\epsilon\pi}} \times 80\% \quad (8)$$

→ Για τον χρονικό υπολογισμό της διάρκειας άρδευσης χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$I_t(h) = I_{da} / I_{dh} \quad (9)$$

Όπου:

I_{da} = πρακτική δόση άρδευσης

I_{dh} = ωριαίο ύψος βροχής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1. Κλιματικά Δεδομένα

Στο διάγραμμα 5.1 παρουσιάζονται τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση), που επικράτησαν καθ'ολή τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (από 11/05 έως και 04/10/2006) στο Βελεστίνο. Παράλληλα πραγματοποιείται η σύγκριση τους με τις μέσες κλιματικές τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης της τελευταίας 25ετίας για την υπό μελέτη περιοχή.

Η καλοκαιρινή περίοδος του 2006 χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές τιμές βροχόπτωσης για τους μήνες, Ιούλιο και Σεπτέμβριο ενώ αντίθετα για τους υπόλοιπους μήνες (Ιούνιος, Αύγουστος και Οκτώβριος) παρατηρούμε κατά πολύ χαμηλότερες τιμές βροχόπτωσης από τις αντίστοιχες τιμές της 25ετίας.

Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζεται η ποσοστιαία απόκλιση των τιμών βροχόπτωσης της καλλιεργητικής περιόδου του 2006 από τις αντίστοιχες μέσες μηνιαίες τιμές της τελευταίας εικοσιπενταετίας.

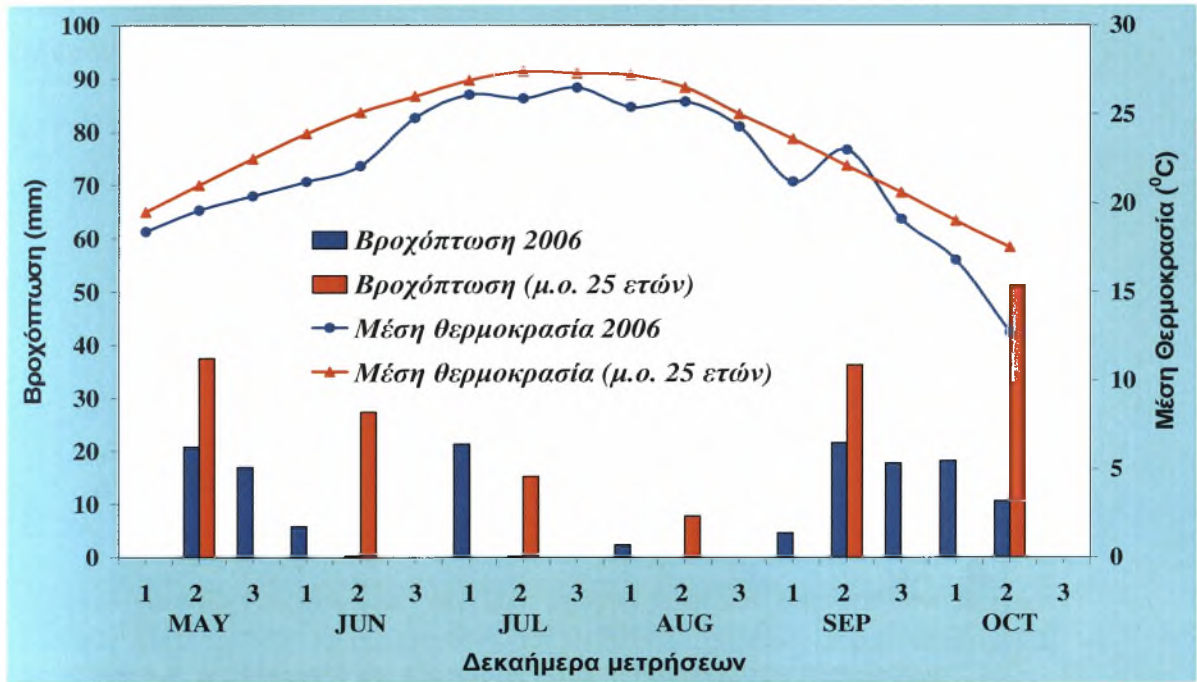
Στον πίνακα 5.2 συγκρίνονται οι θερμοκρασίες που επικράτησαν την καλλιεργητική περίοδο του 2006 με τις αντίστοιχες τιμές θερμοκρασίας της 25ετίας.

Πίνακας 5.1. Ποσοστιαία απόκλιση των τιμών της βροχόπτωσης για την καλλιεργητική περίοδο του 2006.

ΜΗΝΑΣ	Μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης του 2006 (mm)	Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης 25ετίας (mm)	Ποσοστιαία απόκλιση για την καλλιεργητική περίοδο του 2006 (%)
ΜΑΙΟΣ	37,8	37,5	+0,8
ΙΟΥΝΙΟΣ	6	27,4	-78
ΙΟΥΛΙΟΣ	21,6	15,3	+29,2
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2,4	7,8	-69,2
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	44	36,3	+17,5
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	28,8	51,2	-43,8

Πίνακας 5.2. Τιμές θερμοκρασίας για την καλλιεργητική περίοδο του 2006 και αντίστοιχες τιμές θερμοκρασίας της 25ετίας.

ΜΗΝΑΣ	Θερμοκρ. 1 ^{ου} Δεκαημέρου (2006)	Θερμοκρ. 1 ^{ου} Δεκαημέρου (25ετίας)	Θερμοκρ. 2 ^{ου} Δεκαημέρου (2006)	Θερμοκρ. 2 ^{ου} Δεκαημέρου (25ετίας)	Θερμοκρ. 3 ^{ου} Δεκαημέρου (2006)	Θερμοκρ. 3 ^{ου} Δεκαημέρου (25ετίας)
ΜΑΙΟΣ	18,4	19,5	19,6	21	20,4	22,5
ΙΟΥΝΙΟΣ	21,2	23,9	22,1	25,1	24,8	26
ΙΟΥΛΙΟΣ	26,1	26,9	25,9	27,4	26,5	27,3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25,4	27,2	25,7	26,5	24,3	25
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟ	21,2	23,6	23	22,1	19,1	20,6
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16,8	19	12,7	17,5		



Διάγραμμα 5.1 Κλιματικά δεδομένα πειραματικού αγρού

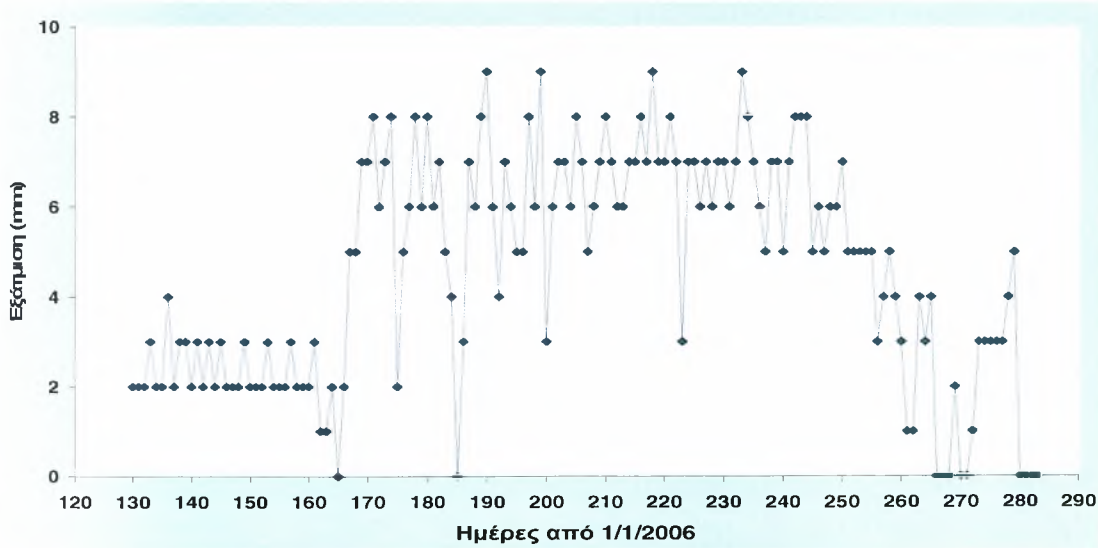
5.1.1. Συζήτηση

Οι θερμοκρασίες του αέρα ήταν ηπιότερες σε σχέση με την προηγούμενη 25ετία. Αντίθετα με τις τιμές των θερμοκρασιών, οι τιμές των βροχοπτώσεων για τους μήνες Μάιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο ήταν σχετικά μεγαλύτερες έναντι των αντίστοιχων τιμών των βροχοπτώσεων της 25ετίας.

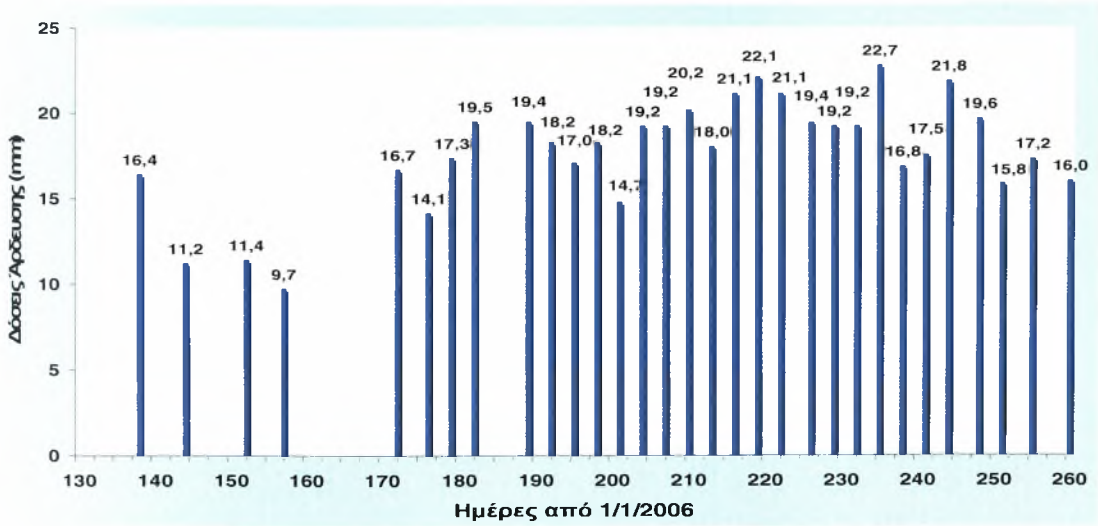
Αντίθετα οι βροχοπτώσεις για τους μήνες Ιούνιο, Αύγουστο και Οκτώβριο ήταν κατά πολύ χαμηλότερες από αυτές της εικοσιπενταετίας. Όπως προκύπτει λοιπόν το καλοκαίρι του 2006 ήταν πιο ξηρό σε σχέση με το μέσο όρο της 25ετίας.

Στο διάγραμμα 5.2 απεικονίζεται η ημερήσια διακύμανση της εξάτμισης κατά τη διάρκεια του πειράματος. Παρατηρείται στο διάγραμμα 5.2 ότι σε ορισμένα σημεία η εξάτμιση είναι μηδενική. Αυτό οφείλεται κυρίως στις παροδικές βροχοπτώσεις μεγάλης ή μικρής έντασης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Με τον όρο μηδενική εξάτμιση ορίζονται οι ενδείξεις του εξατμισίμετρου οι οποίες προέκυψαν όταν η ημερήσια βροχόπτωση ήταν ίση με την αντίστοιχη ημερήσια εξάτμιση.

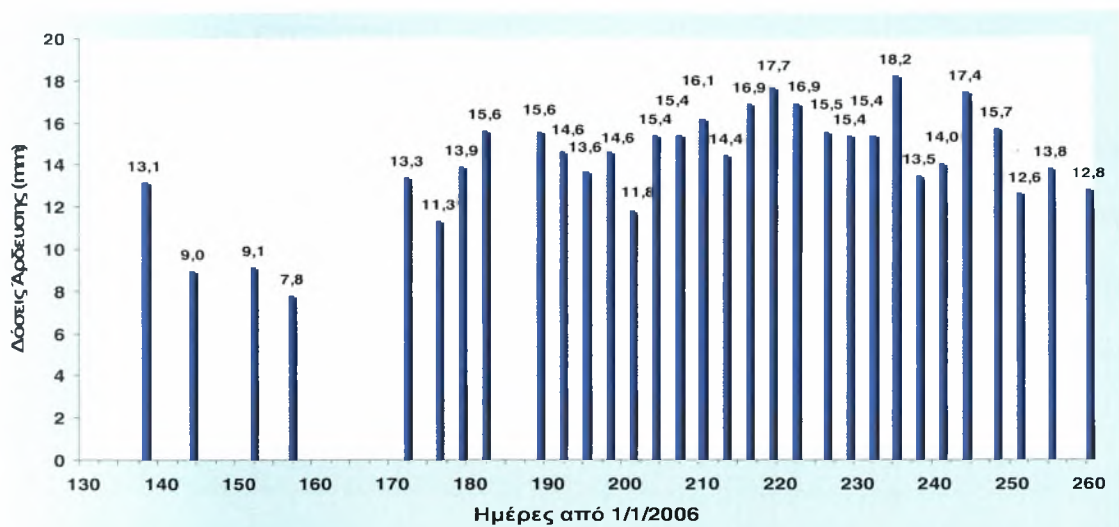
Στο διάγραμμα 5.3 παρουσιάζονται οι δόσεις άρδευσης για την επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100% της ETm και στο διάγραμμα 6.4 οι δόσεις άρδευσης για την υπόγεια στάγδην άρδευση στο 80% της ETm.



Διάγραμμα 5.2. Διακύμανση της εξάτμισης κατά τη διάρκεια του πειράματος



Διάγραμμα 5.3. Δόσεις άρδευσης στην επιφανειακή στάγδην στο 100% της ETm

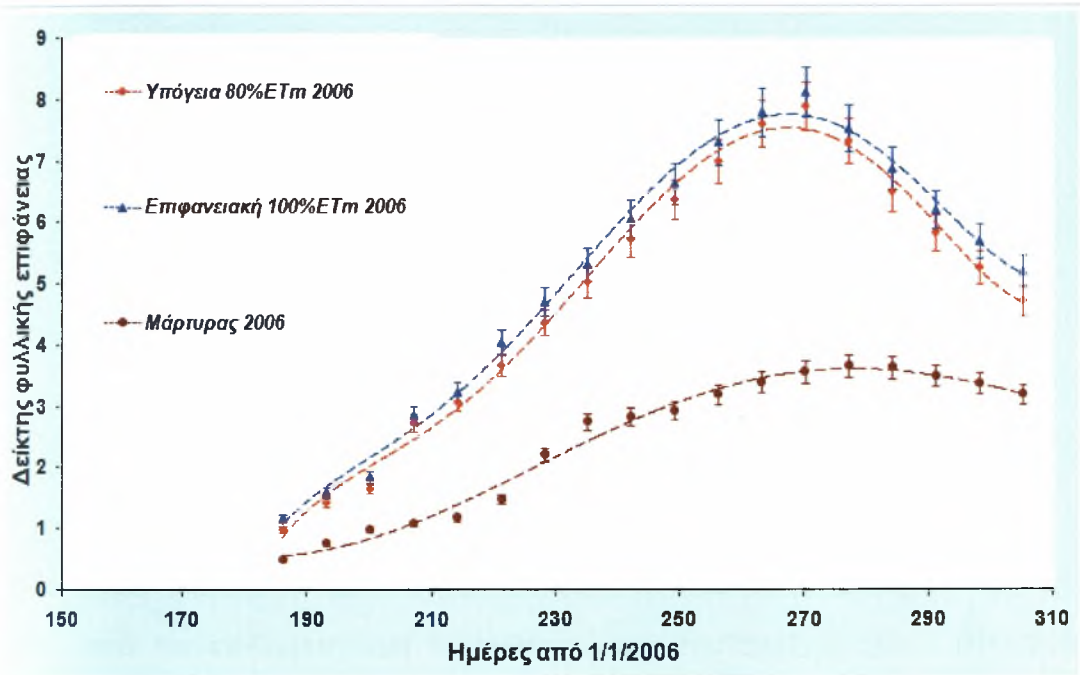


Διάγραμμα 5.4. Δόσεις άρδευσης στην υπόγεια στάγδην στο 80% της ΕΤm

5.2. Φυλλική επιφάνεια (L.A.I.)

5.2.1. Αποτελέσματα

Στο διάγραμμα 5.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.) της καλλιέργειας για όλες τις μεταχειρίσεις καθ'όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του 2006 στο Βελεστίνο. Επίσης στον πίνακα 5.3 απεικονίζονται οι μέσοι όροι των μετρήσεων του L.A.I. για το σύνολο των μεταχειρίσεων.



Διάγραμμα 5.5. Η εξέλιξη του δείκτη φυλλικής επιφάνειας L.A.I.

Η τιμή πέντε (5) για το δείκτη φυλλικής επιφάνειας έχει να κάνει με την αναγκαία και ικανή συνθήκη φυτοκάλυψης. Έτσι η τιμή πέντε (5) αντιστοιχεί στο 90% της φυτοκάλυψης. Η τιμή τρία (3) αντιστοιχεί στο 50% της φυτοκάλυψης και η τιμή (6) στο 99% της φυτοκάλυψης.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η μεγαλύτερη τιμή μετρήθηκε στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100% της ETm.

	Υπόγεια 80%ETm	Επιφανειακή 100%ETm	Μάρτυρας
5/7/2006	0,99	1,18	0,49
12/7/2006	1,43	1,60	0,75
19/7/2006	1,65	1,85	0,99
26/7/2006	2,73	2,85	1,09
2/8/2006	3,07	3,23	1,17
9/8/2006	3,67	4,04	1,48
16/8/2006	4,36	4,70	2,20
23/8/2006	5,03	5,31	2,74
30/8/2006	5,72	6,05	2,83
6/9/2006	6,37	6,63	2,93
13/9/2006	6,99	7,30	3,19
20/9/2006	7,60	7,79	3,39
27/9/2006	7,89	8,11	3,55
4/10/2006	7,32	7,52	3,66
11/10/2006	6,50	6,87	3,63
18/10/2006	5,83	6,20	3,49
25/10/2006	5,26	5,69	3,37
1/11/2006	4,72	5,20	3,19

Πίνακας 5.3. Τιμές μετρήσεων του L.A.I.για το σύνολο των μεταχειρίσεων.

5.2.2. Συζήτηση

Μια σημαντική παρατήρηση η οποία αφορά τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, στο στάδιο της γήρανσης των φύλλων, είναι η σαφής διαφοροποίηση στη χρονική διάρκεια της πτώσης της τιμής του L.A.I. κάτω από την τιμή 5.

Στις μεταχειρίσεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης η πτώση της τιμής του L.A.I. κάτω από την επιθυμητή τιμή 5 λαμβάνει χώρα την περίοδο 25/10-01/11/2006. Αντιθέτως η επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100% της ETm δεν πέφτει καθόλου κάτω από την τιμή 5. Ο μάρτυρας μετά βίας ξεπερνά την κατώτερη επιθυμητή τιμή τρία (3).

Συγκρίνοντας τη χρονική διάρκεια διατήρησης της τιμής του L.A.I. πάνω από την τιμή 5 για το σύνολο των μεταχειρίσεων παρατηρούμε ότι στα πειραματικά που αρδεύτηκαν υπόγεια αυτή διήρκεσε συνολικά 67 ημέρες, στα πειραματικά της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm 77 ημέρες, ενώ στα πειραματικά του μάρτυρα δεν ξεπέρασε ποτέ την τιμή 5.

5.3. Ύψος Φυτών

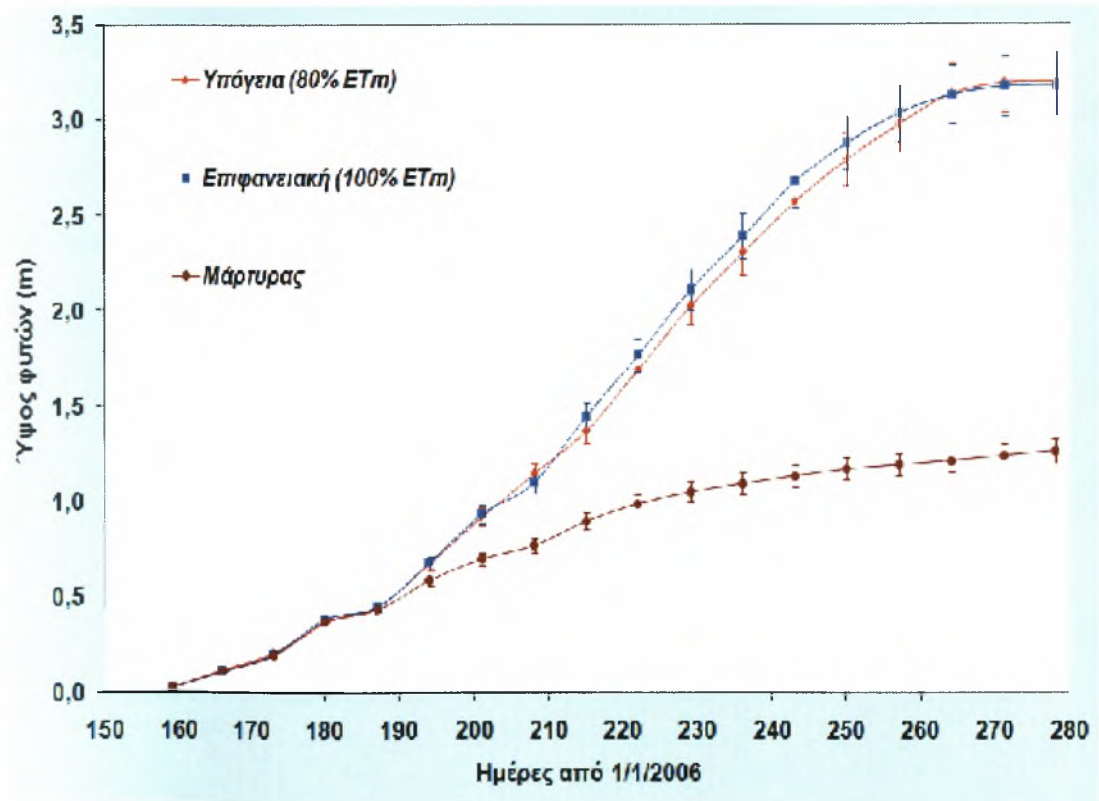
5.3.1. Αποτελέσματα

Η εξέλιξη των υψών των φυτών όλων των μεταχειρίσεων όπου αρδεύτηκαν καθώς επίσης και του μάρτυρα απεικονίζονται στο διάγραμμα 5.6 για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του 2006. Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές υψών των φυτών μαζί με τους μέσους όρους για τις αντίστοιχες περιόδους.

Πίνακας 5.4. Μέγιστες τιμές των υψών των μεταχειρίσεων

Περίοδος Μέτρησης	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΥΨΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΙ ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ(cm)					
	ΥΠΟΓΕΙΟ 80%		ΕΠΙΦ.100%		ΜΑΡΤΥΡΑΣ	
Έως 30/06/06	47	μ.ο. 37	52	μ.ο. 38,5	54	μ.ο. 37
Έως 31/07/06	192	μ.ο. 115	140	μ.ο. 110	104	μ.ο. 77
Έως 31/08/06	316	μ.ο. 257	345	μ.ο. 267,5	147	μ.ο. 113
Έως 30/09/06	378	μ.ο. 319	390	μ.ο. 317	159	μ.ο. 123,5
Έως 31/10/06	378	μ.ο. 320	390	μ.ο. 318	163	μ.ο. 126

Έτσι, ο τελικός μέσος όρος ύψους στον μάρτυρα δεν ξεπέρασε το 126cm με μέγιστη τιμή τα 163cm. Στην υπόγεια στάγδην άρδευση ο τελικός μέσος όρος ήταν 320cm, με μέγιστη τιμή τα 378cm. Τέλος στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100% της ETm ο τελικός μέσος όρος ήταν 318cm, με μέγιστη τιμή τα 390cm.



Διάγραμμα 5.6. Η εξέλιξη των υψών των φυτών στο σύνολο των μεταχειρίσεων.

Από το διάγραμμα 5.6 φαίνεται ότι μέχρι και τα τέλη Ιουνίου (180 ημέρες από 01/01/2006) όλες οι μεταχειρίσεις δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Στα τέλη του επόμενου μήνα, του Ιουλίου (210 ημέρες από 01/01/2006) η μεταχείριση της υπόγειας στάγδην άρδευσης μαζί με την μεταχείριση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm εμφανίζουν μια διαφοροποίηση έναντι του μάρτυρα. Εν συνεχεία στα μέσα Σεπτεμβρίου (260 ημέρες από 01/01/2006) είναι ευδιάκριτες οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Από τα μέσα Σεπτεμβρίου και μέχρι το τέλος παρατηρείται μια σταθεροποίηση του ύψους σε όλες συνολικά τις μεταχειρίσεις.

5.3.2. Συζήτηση

Συμπερασματικά σαφή υπεροχή εμφανίζουν οι τιμές των υψών των επαναλήψεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης στο 80% της ETm και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm έναντι μάρτυρα. Προκύπτει ότι η υπόγεια στάγδην άρδευση στο 80% της ETm είναι ισοδύναμη με την επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 100 της ETm.

Επομένως, με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης υστερεί η ανάπτυξη των φυτών κυρίως εξαιτίας της άμεσης διοχέτευσης του αρδευτικού νερού στο τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών.

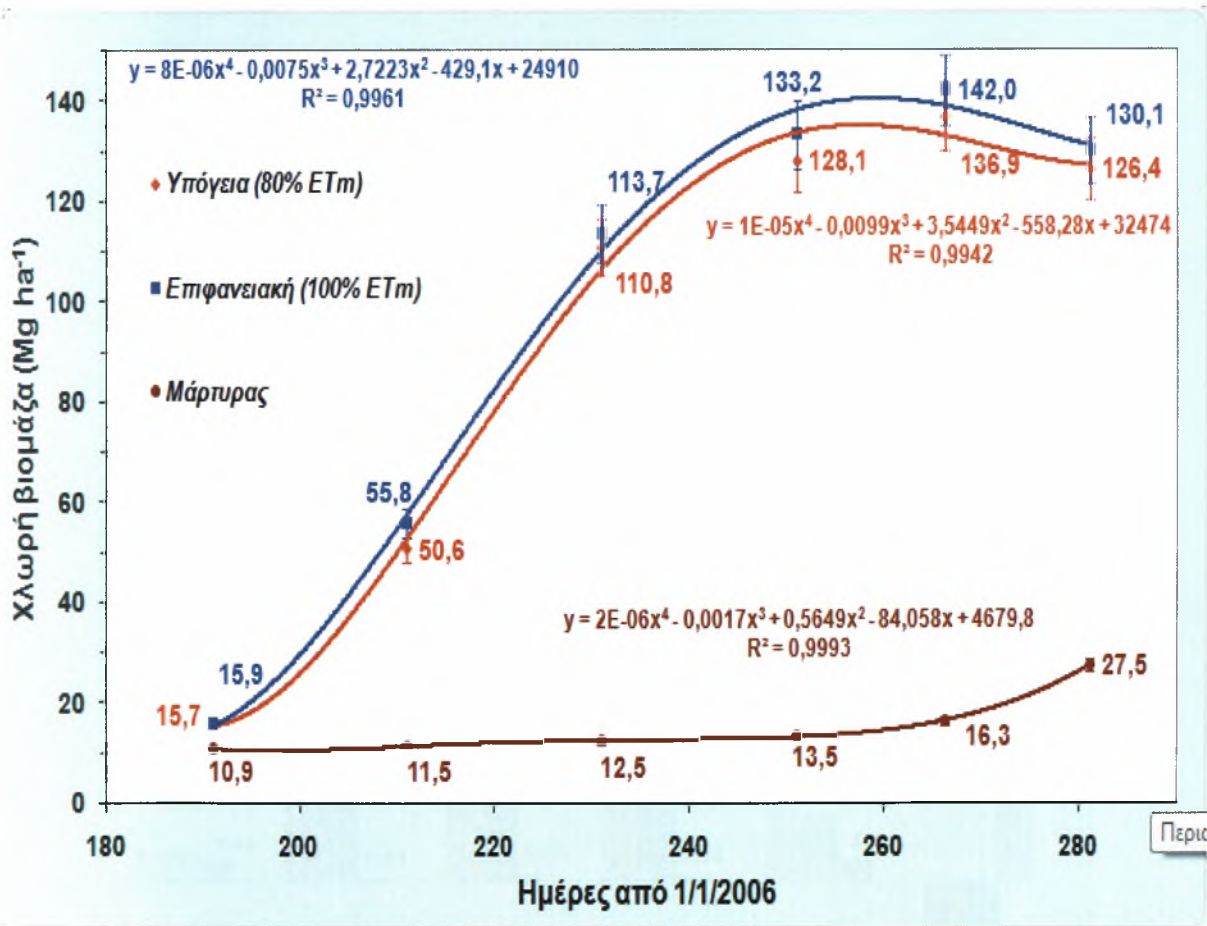
5.4. Χλωρή βιομάζα Γλυκού Σόργου

5.4.1. Αποτελέσματα

Στο διάγραμμα 5.7 απεικονίζεται η εξέλιξη της χλωρής βιομάζας καθ'όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του 2006 για όλες τις μεταχειρίσεις, καθώς επίσης και οι πολυωνυμικές εξισώσεις της μεταβολής της χλωρής βιομάζας των μεταχειρίσεων.

Στους πίνακες 5.5 και 5.6 παρουσιάζονται η παραγωγή σε t στρ.⁻¹ και η παραγωγικότητα σε kg d⁻¹ στρ. της χλωρής βιομάζας των μεταχειρίσεων για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του 2006, αντίστοιχα.

Τέλος στο διάγραμμα 5.8 απεικονίζεται η παραγωγικότητα σε χλωρή βιομάζα όλων των μεταχειρίσεων.



Διάγραμμα 5.7. Εξέλιξη της χλωρής βιομάζας για το σύνολο των μεταχειρίσεων.

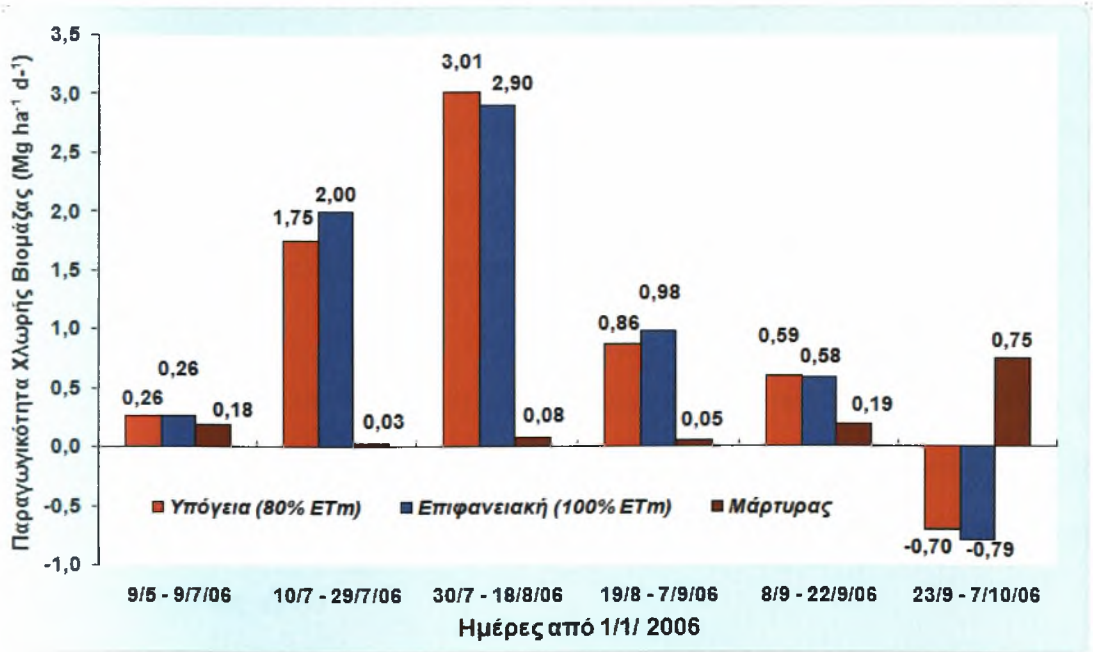
Ημερομηνία μετρήσεων	Παραγωγή χλωρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹ .)		
	ΥΠΟΓΕΙΟ	ΕΠΙΦ.100%	ΜΑΡΤΥΡΑΣ
09/07/2006	15,7	15,8	10,9
29/07/2006	50,6	55,8	11,5
18/08/2006	110,8	113,7	12,5
07/09/2006	128,1	133,2	13,5
22/09/2006	136,9	142,0	16,3
07/10/2006	126,4	130,1	27,5

Πίνακας 5.5. Παραγωγή χλωρής βιομάζας σε Mg ha⁻¹ όλων των μεταχειρίσεων.

Όπως λοιπόν φαίνεται από τον πίνακα 5.5 και το διάγραμμα 5.7 η μεγαλύτερη παραγωγή επιτεύχθηκε στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm, με μέγιστη τιμή τους 142,0 Mg ha⁻¹. Δεύτερη σε παραγωγή χλωρής βιομάζας ήταν οι μεταχείριση της υπόγειας στάγδην άρδευσης με μέγιστη τιμή τους 13,64 Mg ha⁻¹. Από το διάγραμμα και τον αντίστοιχο πίνακα φαίνεται ότι η διαφορά μεταξύ των δύο προαναφερθέντων μεταχειρίσεων δεν ήταν μεγαλύτερη του 0,50 Mg ha⁻¹.

Αντίθετα οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα παρουσίασαν σαφώς μικρότερη παραγωγή με τον μάρτυρα να έχει την μικρότερη παραγωγή. Έτσι η μέγιστη τιμή παραγωγής που μετρήθηκε στις επαναλήψεις του μάρτυρα ήταν 27,5 Mg ha⁻¹.

Η ανοδική τάση που έχει προς το τέλος η καμπύλη του μάρτυρα στο διάγραμμα 5.7 οφείλεται στις βροχοπτώσεις της περιόδου Σεπτεμβρίου.



Διάγραμμα 5.8 Παραγωγικότητα σε χλωρή βιομάζα για όλες τις μεταχειρίσεις.

Στο διάγραμμα της παραγωγικότητας παρατηρούμαι ότι την μεγαλύτερη παραγωγικότητα την παρουσίασαν οι επαναλήψεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης το διάστημα από 30 Ιουλίου μέχρι και τις 18 Αυγούστου.

Στα τέλη Σεπτεμβρίου και μέχρι την λήξη του πειράματος παρατηρούνται αρνητικοί ρυθμοί παραγωγικότητας για όλες τις μεταχειρίσεις εκτός του μάρτυρα, ο οποίος παρουσιάζει θετικές τιμές παραγωγικότητας.

Περίοδοι Μέτρησης	Παραγωγικότητα χλωρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹ d ⁻¹ .)		
	ΥΠΟΓΕΙΟ	ΕΠΙΦ.100%	ΜΑΡΤΥΡΑΣ
09/05-09/07/06	0,26	0,26	0,18
10/07-29/07/06	1,75	2,00	0,03
30/07-18/08/06	3,01	2,89	0,08
19/08-07/09/06	0,86	0,98	0,05
08/09-22/09/06	0,59	0,58	0,19
23/09-07/10/06	-0,70	-0,79	0,75

Πίνακας 5.6. Παραγωγικότητα χλωρής βιομάζας Mg ha⁻¹d⁻¹. όλων των μεταχειρίσεων.

5.4.2. Συζήτηση

Συμπερασματικά μπορεί να αναφερθεί, πρώτον η ανάγκη χρήσης αρδευτικού νερού συμπληρωματικά ακόμα και στις χαμηλών απαιτήσεων καλλιέργειες για την κάλυψη των αναγκών σε εξατμισοδιαπνοή, και δεύτερον η χρήση της υπόγειας άρδευσης προσφέρει αρκετά σημαντικά πλεονεκτήματα όπως η μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας αλλά και η εξοικονόμηση αρδευτικού νερού.

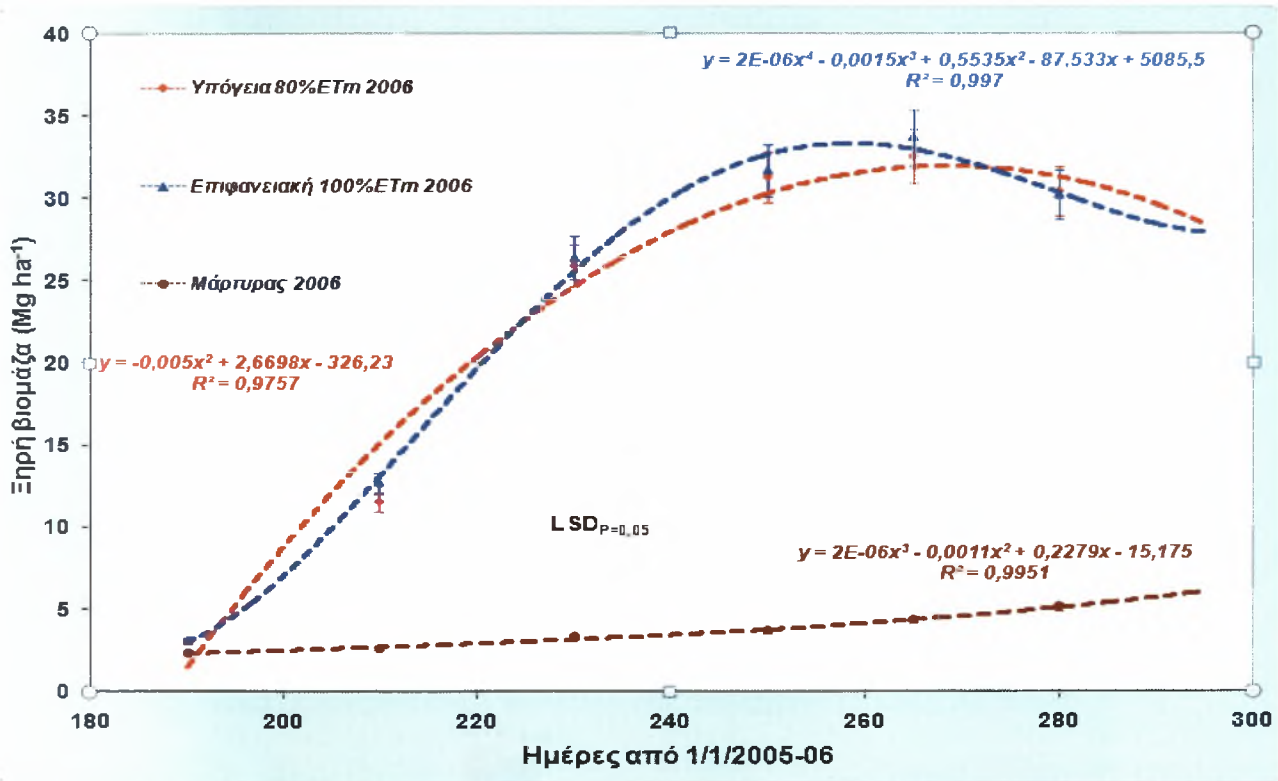
Η επίτευξη της μέγιστης τιμής παραγωγικότητας από την μεταχείριση της υπόγειας στάγδην άρδευσης οφείλεται στο γεγονός ότι με την υπόγεια στάγδην άρδευση έχουμε άμεση διοχέτευση του αρδευτικού νερού στο τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω εξατμησης.

Τέλος οι τιμές παραγωγικότητας θεωρούνται εξαιρετικά υψηλές σε σχέση με αποδόσεις που έχουν καταγραφεί στο παρελθόν (Sakellariou – Makrantonaki et al., 2001) και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής καθ’όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

5.5. Ξηρή βιομάζα Γλυκού Σόργου

5.5.1. Αποτελέσματα

Η μεταβολή σε παραγωγή ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων παρουσιάζεται στο διάγραμμα 5.9 και στο διάγραμμα 5.10 παρουσιάζεται η παραγωγικότητα σε ξηρή βιομάζα για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Στους πίνακες 5.7 και 5.8 παρουσιάζονται η παραγωγή σε Mg ha⁻¹ και η παραγωγικότητα σε Mg ha⁻¹d⁻¹ στρ.⁻¹ της ξηρής βιομάζας των μεταχειρίσεων για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου του 2006, αντίστοιχα.



Διάγραμμα 5.9. Εξέλιξη της παραγωγής σε ξηρή βιομάζα για το σύνολο των μεταχειρίσεων

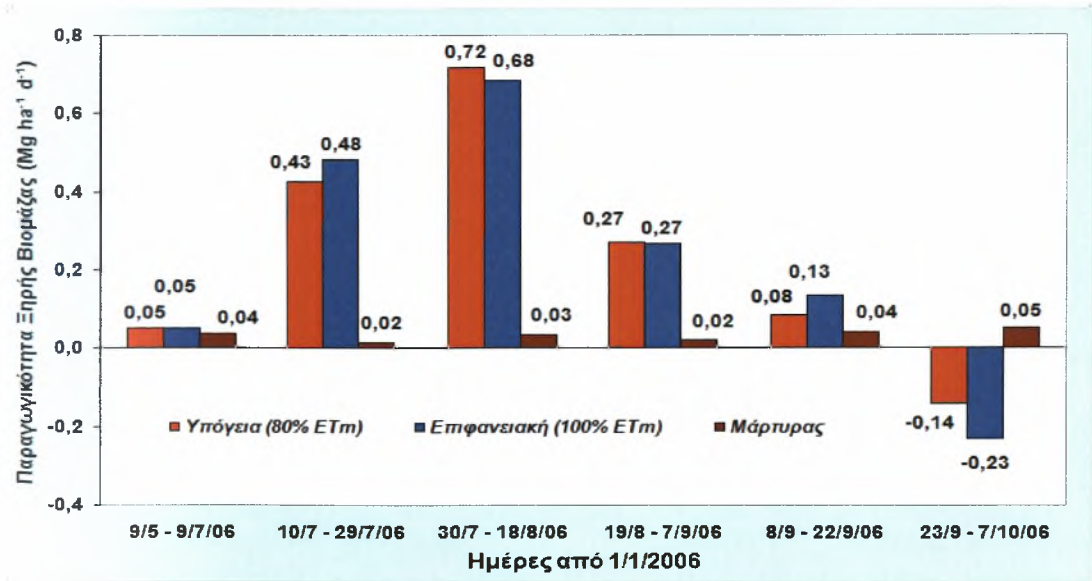
Ημερομηνία μετρήσεων	Παραγωγή ξηρής βιομάζας (Mg ha ⁻¹)		
	ΥΠΟΓΕΙΟ	ΕΠΙΦ.100%	ΜΑΡΤΥΡΑΣ
09/07/2006	3,1	3,1	2,3
29/07/2006	11,6	12,7	2,6
18/08/2006	25,9	26,4	3,3
07/09/2006	31,3	31,7	3,7
22/09/2006	32,5	33,7	4,4
07/10/2006	30,4	30,2	5,1

Πίνακας 5.7. Παραγωγή ξηρής βιομάζας σε Mg ha⁻¹ όλων των μεταχειρίσεων.

Εύκολα κανείς συγκρίνοντας τα διαγράμματα της χλωρής και της ξηρής βιομάζας του γλυκού Σόργου διαπιστώνει ότι σχεδόν έχουν την ίδια μορφή. Όπως λοιπόν φαίνεται από τον πίνακα 5.7 και το διάγραμμα 5.9 η μεγαλύτερη παραγωγή μετρήθηκε στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ΕΤm, με μέγιστη τιμή τους 33,70 Mg ha⁻¹. Δεύτερη σε παραγωγή ξηρής βιομάζας ήταν η μεταχείριση της υπόγειας στάγδην άρδευσης με μέγιστη τιμή τους 32,54 Mg ha⁻¹. Αντίθετα οι επαναλήψεις του μάρτυρα παρουσίασαν σαφώς μικρότερη παραγωγή με τον μάρτυρα να έχει, όπως και στην χλωρή βιομάζα, την μικρότερη παραγωγή. Έτσι η μέγιστη τιμή παραγωγής που μετρήθηκε στις επαναλήψεις του μάρτυρα ήταν 5,13 Mg ha⁻¹. Οι μεταχειρίσεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ΕΤm και της υπόγειας στάγδην άρδευσης δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, σε αντίθεση με τον μάρτυρα.

Περίοδοι Μέτρησης	Παραγωγικότητα ξηρής βιομάζας Mg ha ⁻¹ d ⁻¹ .)		
	ΥΠΟΓΕΙΟ	ΕΠΙΦ.100%	ΜΑΡΤΥΡΑΣ
09/05-09/07/06	0,051	0,052	0,039
10/07-29/07/06	0,427	0,481	0,015
30/07-18/08/06	0,717	0,683	0,034
19/08-07/09/06	0,268	0,265	0,021
08/09-22/09/06	0,083	0,134	0,042
23/09-07/10/06	-0,141	-0,231	0,052

Πίνακας 5.8. Παραγωγικότητα ξηρής βιομάζας σε Mg ha⁻¹d⁻¹ όλων των μεταχειρίσεων.



Διάγραμμα 5.10 Παραγωγικότητα σε ξηρή βιομάζα για όλες τις μεταχειρίσεις.

Από το διάγραμμα της παραγωγικότητας της ξηρής βιομάζας, προκύπτει ότι η μεγαλύτερη παραγωγικότητα επιτεύχθηκε στην μεταχείριση της υπόγειας στάγδην άρδευσης, την περίοδο από 30 Ιουλίου έως και 18 Αυγούστου.

Παρατηρείται επίσης από τις 18 Αυγούστου και μέχρι τέλους τους πειράματος μία μείωση στην παραγωγικότητα για όλες τις μεταχειρίσεις πλην του μάρτυρα, η οποία μείωση της παραγωγικότητας την περίοδο 23 Σεπτεμβρίου με 7 Οκτωβρίου λαμβάνει αρνητικές τιμές. Ο μάρτυρας καθ'όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου διατηρεί θετικές τιμές παραγωγικότητας και μάλιστα την περίοδο 23 Σεπτεμβρίου με 7 Οκτωβρίου επιτυγχάνει την μεγαλύτερη τιμή παραγωγικότητας.

5.5.2. Συζήτηση

Συμπερασματικά λοιπόν μπορεί να αναφερθεί ότι τα φυτά των μεταχειρίσεων της υπόγειας στάγδην άρδευσης και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm είχαν υψηλότερες τελικές τιμές ξηρής βιομάζας. Επίσης επέδειξαν και ταχύτερους ρυθμούς παραγωγικότητας, ακολουθώντας τις αντίστοιχες τιμές παραγωγής σε χλωρή βιομάζα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1. Ύψος φυτών

- Οι μεταχειρίσεις της υπόγειας στάγδην άρδευσης και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm παρουσίασαν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη σε ύψος, χωρίς να έχουν μεταξύ τους σημαντικές στατιστικές διαφορές.
- Τέλος ο μάρτυρας είχε σαφέστατα την μικρότερη απ'όλες τις μεταχειρίσεις ανάπτυξη σε ύψος.

6.2. Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.)

- Η μεταχείριση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm είχε την μεγαλύτερη τιμή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας.
- Οι μεταχειρίσεις της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm και της υπόγειας στάγδην άρδευσης παίρνουν τις μέγιστες τιμές τους την ίδια περίοδο. Ο μάρτυρας δεν ξεπέρασε την επιθυμητή τιμή 5 καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος.
- Η τιμή του L.A.I. της μεταχείρισης της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm διατηρήθηκε πάνω από τη τιμή 5 για 10 ημέρες περισσότερο από την τιμή της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Ως εκ τούτου η μεταχείριση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης ωφελήθηκε περισσότερο από τις άλλες μεταχειρίσεις.

6.3. Χλωρή Βιομάζα Γλυκού Σόργου

- Η μεγαλύτερη παραγωγή χλωρής βιομάζας επετεύχθει στην μεταχείριση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm (14,20 Mg στρ.⁻¹).

- Η μεγαλύτερη παραγωγικότητα σημειώθηκε στην μεταχείριση της υπόγειας στάγδην άρδευσης ($3,01 \text{ kg d}^{-1} \text{ στρ.}^{-1}$).
- Οι διαφορές μεταξύ της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm και της υπόγειας στάγδην άρδευσης δεν είναι στατιστικώς σημαντικές.

6.4. Ξηρή Βιομάζα Γλυκού Σόργου

- Η μεγαλύτερη παραγωγή ξηρής βιομάζας επετεύχθει στην μεταχείριση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στο 100% της ETm ($3,37 \text{ Mg στρ.}^{-1}$).
- Η μεγαλύτερη παραγωγικότητα σημειώθηκε στην μεταχείριση της υπόγειας στάγδην άρδευσης ($0,72 \text{ kg d}^{-1} \text{ στρ.}^{-1}$).
- Ο μάρτυρας όπως και στην παραγωγή χλωρής βιομάζας είχε τη μικρότερη παραγωγή ξηρής βιομάζας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

11/05/2006, Πέμπτη: Σπορά Γλυκού Σόργου (*Sorghum bicolor* L. Moench). Οριοθέτηση των πειραματικών τεμαχίων. Άρδευση για 30 λεπτά με κανόνι όλων των πειραματικών τεμαχίων.

18/05/2006, Πέμπτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 16,4mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 13,12mm.

24/05/2006, Τετάρτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 11,2mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 8,96mm.

01/06/2006, Πέμπτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 11,4mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm και στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 9,12mm.

06/06/2006, Τρίτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 9,72mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 7,77mm.

09/06/2006, Παρασκευή: 1^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

16/06/2006, Παρασκευή: 2^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

21/06/2006, Τετάρτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 16,68mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 13,34mm.

23/06/2006, Παρασκευή: 3^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

25/06/2006, Κυριακή: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 14,12mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 11,29mm.

28/06/2006, Τετάρτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 17,34mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 13,87mm.

30/06/2006, Παρασκευή: 4^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

01/07/2006, Σάββατο: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 19,47mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 15,58mm.

05/07/2006, Τετάρτη: 1^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

07/07/2006, Παρασκευή: 5^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

08/07/2006, Σάββατο: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 19,44mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 15,55mm.

09/07/2006, Κυριακή: 1^η στελεχοκοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας στην καλλιέργεια του Γλυκού Σόργου.

11/07/2006, Τρίτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 18,24mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 14,59mm.

12/07/2006, Τετάρτη: 2^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

14/07/2006, Παρασκευή: 6^η μέτρηση του ύψους των φυτών. Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 17,04mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 13,63mm. 6^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

17/07/2006, Δευτέρα: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 18,24mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 14,59mm.

19/07/2006, Τετάρτη: 3^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

20/07/2006, Πέμπτη: 3^η μέτρηση των ζιζανίων. Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 14,75mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην

στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 11,8mm.

21/07/2006, Παρασκευή: 7^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

23/07/2006, Κυριακή: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 19,2mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 15,36mm.

26/07/2006, Τετάρτη: 4^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.). Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 19,2mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 15,36mm.

28/07/2006, Παρασκευή: 8^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

29/07/2006, Σάββατο: 2^η στελεχοκοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας στην καλλιέργεια του Γλυκού Σόργου. Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 20,16mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην υπόγεια στάγδην και στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 16,13mm.

01/08/2006, Τρίτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 18mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 14,4mm.

02/08/2006, Τετάρτη: 5^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

04/08/2006, Παρασκευή: 9^η μέτρηση του ύψους των φυτών. 4^η μέτρηση των ζιζανίων. Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 21,12mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 16,19mm.

07/08/2006, Δευτέρα: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 22,08mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 17,66mm.

09/08/2006, Τετάρτη: 6^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

10/08/2006, Πέμπτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 21,12mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 16,9mm.

11/08/2006, Παρασκευή: 10^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

14/08/2006, Δευτέρα: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 19,42mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 15,54mm.

16/08/2006, Τετάρτη: 7^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

17/08/2006, Πέμπτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 19,2mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 15,36mm.

18/08/2006, Παρασκευή: 3^η στελεχοκοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας στην καλλιέργεια του Γλυκού Σόργου. 11^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

20/08/2006, Κυριακή: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 19,2mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 15,36mm.

23/08/2006, Τετάρτη: 8^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.). Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 22,73mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 18,19mm.

25/08/2006, Παρασκευή: 12^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

26/08/2006, Σάββατο: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 16,82mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 13,46mm.

29/08/2006, Τρίτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 17,51mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 14,01mm.

30/08/2006, Τετάρτη: 9^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

01/09/2006, Παρασκευή: 13^η μέτρηση του ύψους των φυτών. Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 21,81mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 17,45mm.

05/09/2006, Τρίτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 19,61mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 15,69mm.

06/09/2006, Τετάρτη: 10^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

07/09/2006, Πέμπτη: 4^η στελεχοκοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας στην καλλιέργεια του Γλυκού Σόργου.

08/09/2006, Παρασκευή: 14^η μέτρηση του ύψους των φυτών. Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 15,81mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 12,65mm.

12/09/2006, Τρίτη: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 17,23mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 13,79mm.

13/09/2006, Τετάρτη: 11^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

15/09/2006, Παρασκευή: 15^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

17/09/2006, Κυριακή: Άρδευση των μεταχειρίσεων. Εφαρμογή 15,96mm αρδευτικού νερού στις επαναλήψεις της επιφανειακής στάγδην στο 100% της ETm ενώ στην επιφανειακή στάγδην άρδευση στο 80% της ETm εφαρμόστηκαν 12,77mm.

20/09/2006, Τετάρτη: 12^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

22/09/2006, Παρασκευή: 5^η στελεχοκοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας στην καλλιέργεια του Γλυκού Σόργου. 16^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

27/09/2006, Τετάρτη: 13^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

29/09/2006, Παρασκευή: 17^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

04/10/2006, Τετάρτη: 14^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

06/10/2006, Παρασκευή: 18^η μέτρηση του ύψους των φυτών.

07/10/2006, Σάββατο: 6^η στελεχοκοπή για τον υπολογισμό της χλωρής βιομάζας στην καλλιέργεια του Γλυκού Σόργου.

11/10/2006, Τετάρτη: 15^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

18/10/2006, Τετάρτη: 16^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

25/10/2006, Τετάρτη: 17^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

01/11/2006, Τετάρτη: 18^η μέτρηση του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

8.1. Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1) Αλεξίου, Ι., Καλφούντζος, Δ., Κωτσόπουλος, Σ., Βύρλας, Π. και Καμπέλη, Σ., 2003. *Σύγκριση της υποεπιφανειακής και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού*. 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, σελ.: 199-206.
- 2) Γαλανοπούλου-Σενδούκα, Σ., 2001. *Ειδική Γεωργία Ι, Πανεπιστημιακές παραδόσεις*, Βόλος.
- 6) Οργανισμός Βάμβακος, 2001. *Συνολική παραγωγή σύσπορου βαμβακιού στην ελληνική επικράτεια*.
- 7) Παπακώστα, Δ., 2001. *Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι*, Εκδόσεις Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, σελ.: 178-180.
- 8) Περιοδικό Γεωργία – Κτηνοτροφία, 1996. *Διάφοροι μέθοδοι άρδευσης και αρδευτικά συστήματα. Μηχανήματα για την Γεωργία* (σελ.: 48-57).
- 9) Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ., 1996. *Συνολικές ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών του Θεσσαλικού κάμπου*, Υδροτεχνικά, 6, σελ.: 62-77.
- 10) Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ., Τζιμόπουλος, Χ., Καλφούντζος, Δ., 1997. *Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο TDR και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων*. Πρακτικά 1^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Αθήνα, σελ. 271-280.
- 11) Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ., Παπαλέξης, Δ., Δαναλάτος, Ν., Βουλτσάνης, Π. και Νάκος, Ν., 2003. *Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του Ινώδους Σόργου στην Κεντρική Ελλάδα*. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σελ.: 183-190.
- 12) Σφήκας, 1984. *Ειδική Γεωργία*, Πανεπιστημιακές παραδόσεις.

13) Τερζίδης, Γ., Παπαζαφειρίου, Ζ., 1997.Γεωργική Υδραυλική, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ.: 172-174, 200.

8.2. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

14) Alexopoulou, E., and Chatziathanassiou, A., *Description of growing experience on sweet sorghum in Greece.*

15) Bravdo, B.A. & Hepner, Y. 1987. *Irrigation management and fertigation to optimize grape composition and vine performance.* Acta Horticulture 206: 49-67.

16) Dercas, N., Panoutsou, C., Dalianis, C., Sooter, C.,1995. Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). *Response to four irrigation and two nitrogen fertilization rates.* In: Chartier et al. (Ed). *Biomass for Energy, Enviromment, Agriculture.* Proceedings of the 8th E.C. Conference Vol.1. Pergamon Press. U.K., 629-639.

17) Devitt, D. and Miller, W., 1998. *Subsurface Drip Irrigation of Bermudagrass with Saline Water.* Applied Agricultural Res. Vol.3, No 3, pp. 133-143.

18) Hutmacker, R.B., Phene, C.J., Mead, M., Clark, D., Shouse, P., Vail, S.S., Swain, R., Van Genuchten, M., Donovan, T. and Jobes, J., 1992. Subsurface drip irrigation of alfalfa in the Imperial Valley. Proc. 22nd California/ Arizona Alfalfa Symposium 22:20-32, University of California and University of Arizona Cooperative Extension, Holtville, CA, December, 9-10.

19) I-Pai Wu, 1994. *Low energy Subsurface Drip Irrigation (system for Pasture).* Department of Animal Sc. Prepared by: Biosystems Engineering Dept. University of Hawaii.

20) Johansson, T.B.J., Kelly, H., Reddy, A.K.N. and Williams, R.H., 1993. *Renewable fuels and electricity of a growing world economy.* In: Johansson.

21) Karlson, P., 1980. Βιοχημεία Ιατρικής Σχολής. Αθήνα.

- 22) Mastrorilli, M., Katerji, N., Rana, G., Steduto, P., 1995. *Sweet Sorghum in Mediterranean climate: radiation use and biomass water use efficiencies*. Industrial Crops and Products 3, 253-260.
- 23) Nicholaou, N., *Sweet sorghum a promising annual crop for Greece*.
- 24) Panoutsou, K., *Fiber sorghum, a promising annual crop for biomass production in Greece*.
- 25) Phene, C.J., Blume, M.F., Hile, M.M.S., Meek, D.W., Re, J.V., 1983. *Management of subsurface trickle irrigation systems*. ASAEpaper No. 83-2598.
- 26) Phene, C.J. et al, 1986. *Fertilization of high yielding subsurface trickle tomatoes*. Proceedings of the 34th Fertilizer Conf. California Fertilizer Ass. Fresno California. pp.33-43.
- 27) Phene, C.J., Hutmacker, R.B., Ayars, J.E., Davis, K.R., Mead, R.M. and Schoneman, R.A., 1992. *Maximizing water use efficiency with subsurface drip irrigation*. International summer meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Paper No.922090. St. Joseph Michigan.
- 28) Sakellariou - Makrantonaki, M., Kalfountzos, D. and Papanikos, N., 2000. *Evaluation of surface and subsurface Drip Irrigation Effect on Sugar – Beet Yield*. Proc. 2th National Congress. Hell. Soc. Agric. Eng. (HelAgEng), Volos. pp. 157-164 (in Greek).
- 29) Sakellariou- Makrantonaki, M., Papalexis, D., Nakos, N., Kalavrouziotis, I.K., 2007: *Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of sweet sorghum (var. Keller) on a dry year in Central Greece*. Vol.90, Issue 3, pp. 181-189.
- 30) Scherpernzeel, J. *Agenda 2000: Consequences for energy crops*.
- 31) Solomon Kenneth H. and Jorgensen Greg. 1993. *Subsurface Drip Irrigation*. Center For Irrigation Tech. CATI Publication No 930405.
- 32) Solomon, K., 1993. *Subsurface drip irrigation. Product selection and performance*. In: subsurface Drip Irrigation Theory, Practices and application, Jorgansen, G.S. and K.N. Norum (Eds.). CATI Publication No 921001.

- 33) Undersander, D.J., Smith, L.H., Kaminski, A.R., Kelling, K.A. and Doll, J.D., 1990. *Sorghum – forage*. For Alternative Field Crop Manual. University of Minnesota: Center of Alternative Plants and Animal Products.
- 34) U.S.D.A. 1990. USDA backgrounder. News division, Office of Public Affairs, Room 404-A, Washington, D.C.
- 36) www.netafim.com

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Τηλ.: 24210 ~~74760~~ 93141



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000105362